

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト (参考)
F02D 41/22	325	F02D 41/22	325 Z 3G084
41/04	305	41/04	305 F 3G301
			305 C
	325		325 C
41/08	325	41/08	325
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全30頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-211418 (P 2000-211418)

(22) 出願日 平成12年7月12日 (2000.7.12)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 大谷 元希

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 土屋 富久

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣

最終頁に続く

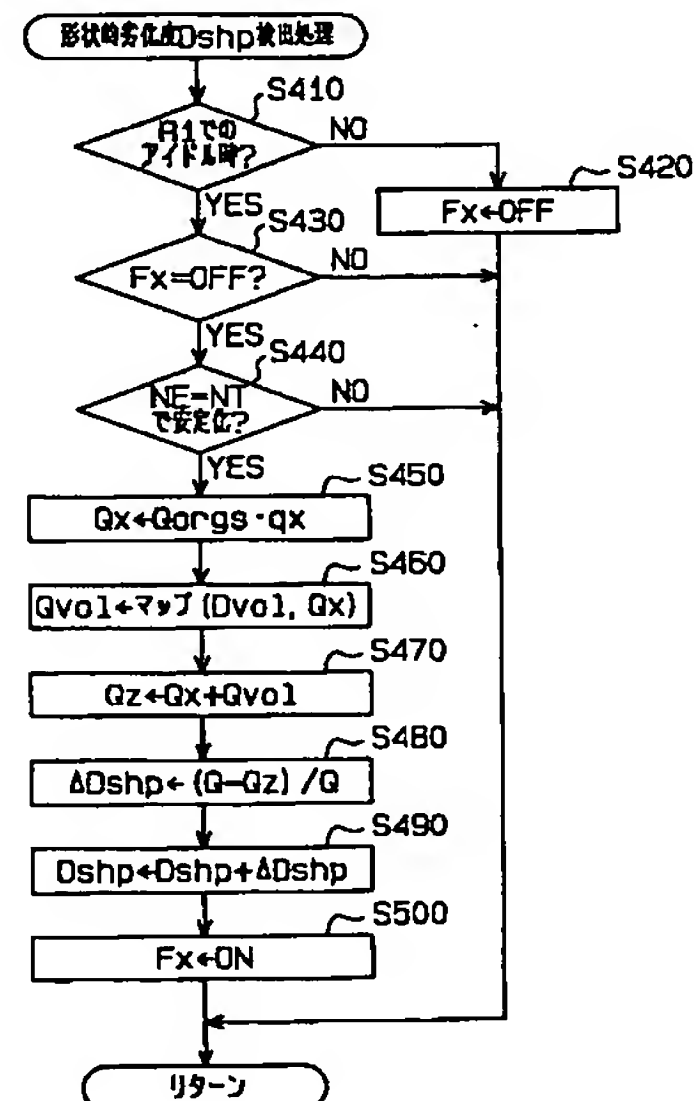
(54) 【発明の名称】 燃料噴射弁劣化検出装置および内燃機関制御装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料噴射弁における噴射形状等の噴射量以外の劣化度合の検出を可能とし、内燃機関の制御に反映させることにより好適な機関制御を可能とする。

【解決手段】 燃料噴射弁における形状的な劣化を求めるために、成層燃焼での想定燃料噴射操作量 Q_x を燃料噴射弁における量的劣化度 D_{vol} から求めた量的噴射補正量 Q_{vol} により補正し、補正後想定燃料噴射操作量 Q_z を求める (S470)。そして補正後想定燃料噴射操作量 Q_z が実燃料噴射操作量 Q に対して有する不足度合「 $Q - Q_z$ 」を求めて、実燃料噴射操作量 Q で除算することにより形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} を求める

(S480)。そして、この形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} により燃料噴射量以外の劣化度合である形状的劣化度 D_{shp} を求める (S490)。このようにして燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状的劣化度 D_{shp} を求めることができ、好適な機関制御が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】内燃機関にて混合気を形成するために用いられる燃料噴射弁における噴射量以外の劣化度合を検出する燃料噴射弁劣化検出装置であって、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A での想定燃料噴射操作量を、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a により補正し、該補正後の想定燃料噴射操作量が実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b に基づいて、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合を検出する劣化度合検出手段を備えたことを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 2】請求項 1 記載の構成において、前記内燃機関は燃料噴射弁からの燃料を燃焼室内に直接噴射するとともに、成層燃焼と均質燃焼とを選択して実行する筒内噴射式内燃機関であって、前記燃焼形態 A は成層燃焼であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 3】請求項 1 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難い燃焼形態 B において求められた不足度合を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 4】請求項 3 記載の構成において、前記内燃機関は燃料噴射弁からの燃料を燃焼室内に直接噴射するとともに、成層燃焼と均質燃焼とを選択して実行する筒内噴射式内燃機関であって、前記燃焼形態 A は成層燃焼であり、前記燃焼形態 B は均質燃焼であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 5】請求項 3 または 4 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃焼形態 B でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、想定燃料噴射操作量が有する不足度合を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 6】請求項 1 ～ 4 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 a は、空燃比制御時に目標空燃比を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、想定燃料噴射操作量が有する不足度合を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 7】請求項 1 ～ 4 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 a は、想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比と想定燃料噴射操作量に基づく実空燃比との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 8】請求項 3 または 4 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃焼形態 B での想定燃料噴射操作量に基づいて想定される燃焼圧と想定燃料噴射操作量に基づく実燃焼圧との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 9】請求項 1 ～ 8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、前記補正後の想定燃料噴射操作量が有する不足度合であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 10】請求項 1 ～ 8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 11】請求項 1 ～ 8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A での実空燃比と前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 12】請求項 1 ～ 8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実空燃比との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 13】請求項 1 ～ 8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実燃焼圧と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実燃焼圧との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 14】内燃機関にて混合気を形成するために用いられる燃料噴射弁における噴射量以外の劣化度合を検出する燃料噴射弁劣化検出装置であって、

燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A での想定燃料噴射操作量が実燃料噴射操作量に対して有する不足度合の中で、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a を除いた部分の不足度合 b に基づいて、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合を検出する劣化度合検出手段を備えたことを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 15】請求項 14 記載の構成において、燃焼形態 A でのアイドル時において、初期に目標回転数を達成した空燃比となるように燃料噴射操作量を調整し、該調整した燃料噴射操作量が、燃焼形態 A でのアイドル時の目標回転数を達成するための実燃料噴射操作量に対して有する不足度合を前記不足度合 b として得ることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 16】請求項 14 記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時において、目標回転数を達成するための空燃比と、初期に目標回転数を

達成した空燃比との差を反映した値であることを特徴とする燃料噴射弁劣化検出装置。

【請求項 17】請求項 1 ～ 16 のいずれかに記載の燃料噴射弁劣化検出装置を備えると共に、該燃料噴射弁劣化検出装置にて求められた燃料噴射量以外の劣化度合を用いて燃焼形態 A での機関制御量を補正する補正手段を備えたことを特徴とする内燃機関制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関にて混合気を形成するために用いられる燃料噴射弁における噴射量以外の劣化度合を検出する燃料噴射弁劣化検出装置およびこの燃料噴射弁劣化検出装置を用いた内燃機関制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】燃料濃度が極めて薄い混合気を用いて安定した燃焼を実行する火花点火式内燃機関として、筒内噴射式内燃機関が知られている（特開平 10 - 339196 号公報）。この筒内噴射火花点火式内燃機関は、成層燃焼時には、圧縮行程末期に燃焼室内に燃料噴射弁から直接燃料を噴射することで、点火プラグの周りに燃料濃度の濃い混合気を層状に配置させている。そして、この成層部分に点火して燃焼させることにより、全体として希薄な混合気において安定した燃焼を実現している。

【0003】この種の内燃機関において、燃料噴射弁の先端にデポジットが堆積すると、燃料噴射弁からの噴射状態が変化して燃焼性に影響を生じる。したがって、この燃料噴射弁の劣化度合を検出して、機関制御に反映させる必要がある。

【0004】前記従来技術では、要求空燃比に対する実際の燃料噴射操作量（具体的には燃料噴射時間）と予め想定される燃料噴射操作量とのずれ量に基づき、燃料噴射弁の劣化度合を検出している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記従来技術では、劣化度合として、要求空燃比を達成するために不足する燃料噴射量を算出している。このため、このようにして検出された劣化度合には、燃料噴射弁において生じた噴射量の劣化度合が現れるが、噴射形状と言のような噴射量以外の劣化度合については検出することができない。

【0006】このため、筒内噴射式内燃機関のごとく、噴射量以外の劣化度合に影響されやすい燃焼を実行する内燃機関においては、劣化度合を十分に機関制御に反映させることができないと言う問題を生じている。

【0007】本発明は、噴射量以外の劣化度合の検出を可能とする燃料噴射弁劣化検出装置を提供すると共に、噴射量以外の劣化度合に影響されやすい燃焼を実行する内燃機関の制御に反映させることにより好適な機関制御を可能とする内燃機関制御装置を提供することを目的と

するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】以下、上記目的を達成するための手段およびその作用効果について記載する。請求項 1 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、内燃機関にて混合気を形成するために用いられる燃料噴射弁における噴射量以外の劣化度合を検出する燃料噴射弁劣化検出装置であって、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A での想定燃料噴射操作量を、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a により補正し、該補正後の想定燃料噴射操作量が実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b に基づいて、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合を検出する劣化度合検出手段を備えたことを特徴とする。

【0009】燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが反映している想定燃料噴射操作量の不足度合は、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A において求めることができる。しかし、このように燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが複合した不足度合を検出したのでは、燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とを分離することはできない。

【0010】しかし、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a は検出可能である。したがって、燃焼形態 A での想定燃料噴射操作量を、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a により補正する。そして、この補正後の想定燃料噴射操作量が実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b を求めることにより、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0011】請求項 2 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1 記載の構成において、前記内燃機関は燃料噴射弁からの燃料を燃焼室内に直接噴射するとともに、成層燃焼と均質燃焼とを選択して実行する筒内噴射式内燃機関であって、前記燃焼形態 A は成層燃焼であることを特徴とする。

【0012】成層燃焼では、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合とともに、噴射形状などの燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に大きく影響することから、実燃料噴射操作量には成層燃焼時に燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが反映する。このことにより、実燃料噴射操作量に対して、前記補正後の想定燃料噴射操作量が有する不足度合 b を求めることにより、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0013】請求項 3 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難い燃焼形態 B において求められた不足度合を

反映した値であることを特徴とする。

【0014】不足度合 a については上記燃焼形態 B において求めた不足度合を反映させた値として求めることができる。上記燃焼形態 B は、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難いため、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a を求めることができる。

【0015】したがって実燃料噴射操作量に対して、不足度合 a により補正した後の想定燃料噴射操作量が有する不足度合 b を求めることができ、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0016】請求項 4 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 3 記載の構成において、前記内燃機関は燃料噴射弁からの燃料を燃焼室内に直接噴射するとともに、成層燃焼と均質燃焼とを選択して実行する筒内噴射式内燃機関であって、前記燃焼形態 A は成層燃焼であり、前記燃焼形態 B は均質燃焼であることを特徴とする。

【0017】成層燃焼では、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合とともに、燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に大きく影響することから、成層燃焼時の実燃料噴射操作量には燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが反映する。

【0018】そして、均質燃焼では、燃料噴射量以外の劣化度合がほとんど燃焼性に影響しないことから、均質燃焼時には実燃料噴射操作量に対する想定燃料噴射操作量の不足度合 a を求めることができる。

【0019】したがって、成層燃焼時の実燃料噴射操作量に対して、均質燃焼時に求めた不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量が有する不足度合 b を求めることにより、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0020】請求項 5 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 3 または 4 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃焼形態 B でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、想定燃料噴射操作量が有する不足度合を反映した値であることを特徴とする。

【0021】より具体的には、不足度合 a は、燃焼形態 B でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して想定燃料噴射操作量が有する不足度合を求めて、この不足度合を反映した値として求めることができる。

【0022】燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難い燃焼形態 B では、アイドル目標回転数を維持するために必要な実燃料噴射操作量に対して想定燃料噴射操作量に生じた不足度合は、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合のみを表しているものといえる。

【0023】このように燃焼形態 B でのアイドル時の運転により容易に得られた不足度合を反映させた不足度合 a に基づいて想定燃料噴射操作量を補正できる。そし

て、この補正後の想定燃料噴射操作量が燃焼形態 A での実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b を求めることにより、容易に燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0024】請求項 6 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～4 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 a は、空燃比制御時に目標空燃比を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、想定燃料噴射操作量が有する不足度合を反映した値であることを特徴とする。

【0025】より具体的には、不足度合 a は、空燃比制御時に目標空燃比を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して想定燃料噴射操作量が有する不足度合を求めて、この不足度合を反映した値として求めることができる。

【0026】空燃比のずれに現れるのは燃料噴射量の劣化度合であり、燃料噴射量以外の劣化度合は影響しないので、空燃比制御時に目標空燃比を維持するために必要な実燃料噴射操作量に対して想定燃料噴射操作量に生じた不足度合は、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合のみを表しているものといえる。

【0027】このように空燃比制御時に容易に得られた不足度合を反映させた不足度合 a に基づいて想定燃料噴射操作量を補正できる。そして、この補正後の想定燃料噴射操作量が燃焼形態 A での実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b を求めることにより、容易に燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0028】請求項 7 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～4 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 a は、想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比と想定燃料噴射操作量に基づく実空燃比との差を反映した値であることを特徴とする。

【0029】より具体的には、想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比を計算し、更に想定燃料噴射操作量に基づいて実際に空燃比を検出し、この想定空燃比と実空燃比との差を求める。そして不足度合 a は、この差を反映した値として求めることができる。燃焼形態に関わらず、上記想定空燃比と実際に検出される空燃比との差は、燃料噴射量の劣化度合のみに対応する値となっている。

【0030】このように想定空燃比と、空燃比測定により容易に得られる実空燃比との差を反映させた不足度合 a に基づいて想定燃料噴射操作量を補正できる。そして、この補正後の想定燃料噴射操作量が燃焼形態 A での実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b を求めることにより、容易に燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0031】請求項 8 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 3 または 4 記載の構成において、前記不足度合 a は、燃焼形態 B での想定燃料噴射操作量に基づいて

想定される燃焼圧と想定燃料噴射操作量に基づく実燃焼圧との差を反映した値であることを特徴とする。

【0032】より具体的には、不足度合 a は、燃焼形態 B での想定燃料噴射操作量に基づいて想定される燃焼圧を求め、この想定燃焼圧と実燃焼圧との差を反映した値として求めることができる。

【0033】燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難い燃焼形態 B では、上記想定燃焼圧と実燃焼圧との差は燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合をほぼ表しているものといえる。

【0034】このように想定燃焼圧と、燃焼圧測定により容易に得られる実燃焼圧との差を反映させた不足度合 a に基づいて想定燃料噴射操作量を補正できる。そして、この補正後の想定燃料噴射操作量が燃焼形態 A での実燃料噴射操作量に対して有する不足度合 b を求めることにより、容易に燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0035】請求項 9 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、前記補正後の想定燃料噴射操作量が有する不足度合であることを特徴とする。

【0036】より具体的には、不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量が有する不足度合として求めることができる。

【0037】燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A では、アイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量に対して、不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量が有する不足度合により、不足度合 b を求めることができる。このことにより燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0038】請求項 10 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づく想定空燃比との差を反映した値であることを特徴とする。

【0039】より具体的には、不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量に基づく想定空燃比との差を反映した値として求めることができる。

【0040】燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A では、アイドル時にアイドル目標回転数を維持す

る際の実空燃比と、不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量に基づく想定空燃比との差は、燃料噴射量以外の劣化度合のみが反映している。したがって、この差を反映して不足度合 b を求めることができ、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0041】請求項 11 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A での実空燃比と前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比との差を反映した値であることを特徴とする。

【0042】より具体的には、不足度合 b は、燃焼形態 A での実空燃比と不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比との差を反映した値とすることができる。

【0043】燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A では、運転に必要な燃料噴射量による実空燃比と不足度合 a に基づいて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて想定される空燃比との差は、燃料噴射量以外の劣化度合のみが反映している。したがって、この差を反映して不足度合 b を求めることができ、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0044】請求項 12 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実空燃比との差を反映した値であることを特徴とする。

【0045】より具体的には、不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、不足度合 a にて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実空燃比との差を反映した値とすることができる。

【0046】燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A では、アイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比と、不足度合 a にて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実空燃比との差は、燃料噴射量以外の劣化度合のみが反映している。したがって、この差を反映して不足度合 b を求めることができ、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0047】請求項 13 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 1～8 のいずれか記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実燃焼圧と、前記補正後の想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実燃焼圧との差を反映した値であることを特徴とする。

【0048】より具体的には、不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の

実燃焼圧と、不足度合 a にて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実燃焼圧との差を反映した値とすることができる。

【0049】燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A では、アイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実燃焼圧と、不足度合 a にて補正した想定燃料噴射操作量に基づいて燃料噴射した場合の実燃焼圧との差は、燃料噴射量以外の劣化度合のみが反映している。したがって、この差を反映して不足度合 b を求めることができ、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0050】請求項 14 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、内燃機関にて混合気を形成するために用いられる燃料噴射弁における噴射量以外の劣化度合を検出する燃料噴射弁劣化検出装置であって、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A での想定燃料噴射操作量が実燃料噴射操作量に対して有する不足度合の中で、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a を除いた部分の不足度合 b に基づいて、燃料噴射弁における燃料噴射量以外の劣化度合を検出する劣化度合検出手段を備えたことを特徴とする。

【0051】燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが反映している想定燃料噴射操作量の不足度合は、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが燃焼性に影響する燃焼形態 A において求めることができる。しかし、このように燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とが複合した不足度合を検出したのでは、燃料噴射量の劣化度合と燃料噴射量以外の劣化度合とを分離することはできない。

【0052】しかし、燃焼形態 A においても燃料噴射弁における燃料噴射量の劣化度合に基づく不足度合 a を除いた部分の不足度合 b のみを検出可能であるので、不足度合 b により、燃料噴射量以外の劣化度合を検出することができる。

【0053】請求項 15 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 14 記載の構成において、燃焼形態 A でのアイドル時において、初期に目標回転数を達成した空燃比となるように燃料噴射操作量を調整し、該調整した燃料噴射操作量が、燃焼形態 A でのアイドル時の目標回転数を達成するための実燃料噴射操作量に対して有する不足度合を前記不足度合 b として得ることを特徴とする。

【0054】ここで、初期に目標回転数を達成した空燃比とは、内燃機関の搭載後の初期駆動において燃焼形態 A でのアイドル時に目標回転数を達成するために燃料噴射量制御を行った場合に得られた空燃比を意味する。

【0055】この初期の空燃比となるように調整された燃料噴射操作量は、燃料噴射弁における燃料噴射量の劣

化度合に基づく不足度合 a 分の補正がすでに含まれている。このため、この調整された燃料噴射操作量が、燃焼形態 A でのアイドル時の目標回転数を達成するための実燃料噴射操作量に対して有する不足度合は、不足度合 b に該当するものとなる。

【0056】このようにして、不足度合 a を直接求めなくても不足度合 b を求めることができる。請求項 16 記載の燃料噴射弁劣化検出装置は、請求項 14 記載の構成において、前記不足度合 b は、燃焼形態 A でのアイドル時において、目標回転数を達成するための空燃比と、初期に目標回転数を達成した空燃比との差を反映した値であることを特徴とする。

【0057】ここで、初期に目標回転数を達成した空燃比とは、前記請求項 15 の説明部分で述べたごとくである。この初期の空燃比と、現時点において目標回転数を達成するための空燃比との差には不足度合 b のみが関係する。こうして不足度合 a を算出することなく不足度合 b を求めることができる。

【0058】請求項 17 記載の内燃機関制御装置は、請求項 1～16 のいずれかに記載の燃料噴射弁劣化検出装置を備えると共に、該燃料噴射弁劣化検出装置にて求められた燃料噴射量以外の劣化度合を用いて燃焼形態 A での機関制御量を補正する補正手段を備えたことを特徴とする。

【0059】このように補正手段は、請求項 1～16 のいずれかに記載の燃料噴射弁劣化検出装置にて求められた燃料噴射量以外の劣化度合を用いて燃焼形態 A での機関制御量を補正することにより、噴射量以外の劣化度合に影響されやすい燃焼形態 A にても精密で好適な機関制御が可能となる。

【0060】

【発明の実施の形態】
【実施の形態 1】図 1 は上述した発明が適用されたガソリンエンジン（以下、「エンジン」と略す）2 の概略構成を示す。図 2 はこのエンジン 2 の制御システムのブロック図を表す。エンジン 2 は、火花点火式でかつ筒内噴射式内燃機関として構成され、自動車駆動用として車両に搭載されている。

【0061】エンジン 2 は 6 つのシリンダ 2 a を有している。図 3～図 6 にも示すごとく、各シリンダ 2 a には、シリンダブロック 4、シリンダブロック 4 内で往復動するピストン 6、およびシリンダブロック 4 上に取り付けられたシリンダヘッド 8 にて区画された燃焼室 10 がそれぞれ形成されている。

【0062】そして各燃焼室 10 には、それぞれ第 1 吸気弁 12 a、第 2 吸気弁 12 b および一对の排気弁 16 が設けられている。この内、第 1 吸気弁 12 a は第 1 吸気ポート 14 a に接続され、第 2 吸気弁 12 b は第 2 吸気ポート 14 b に接続され、一对の排気弁 16 は一对の排気ポート 18 にそれぞれ接続されている。

【0063】図 3 は 1 シリンダ分のシリンダヘッド 8 の

水平方向断面図であって、図示されるように第1吸気ポート14aおよび第2吸気ポート14bは略直線状に延びるストレート型吸気ポートである。また、シリンダヘッド8の内壁面の中央部には点火プラグ20が配置されている。更に、第1吸気弁12aおよび第2吸気弁12b近傍のシリンダヘッド8の内壁面周辺部には、燃焼室10内に直接燃料を噴射できるように燃料噴射弁22が配置されている。この燃料噴射弁22は、後述する成層燃焼時において成層状態の可燃性混合気が点火時に点火プラグ20に到達するように、燃料噴射の方向や燃料ミストの広がりといった噴射形状が好適な状態になるように設定されている。

【0064】そして、この燃料噴射弁22に対してはエンジン2の回転により駆動される高圧燃料ポンプ（図示略）から燃料分配管（図示略）を介して高圧燃料が供給されている。この高圧燃料の圧力は、後述する電子制御ユニット（以下、「ECU」と称する）60により、燃焼室10内への噴射に適切な状態に調整されている。すなわち、ECU60は、高圧燃料ポンプに設けられた電磁スピル弁55（図2）の駆動デューティを、燃圧センサ50a（図2）にて検出された燃料分配管内の燃料圧力Pとエンジン2の運転状態とに応じて調整することにより、燃料圧力制御を実行している。

【0065】なお、図4はピストン6の頂面の平面図、図5は図3におけるX-X断面図、図6は図3におけるY-Y断面図である。図示されるように略山形に形成されたピストン6の頂面には燃料噴射弁22の下方から点火プラグ20の下方まで延びるドーム形の輪郭形状を有する凹部24が形成されている。

【0066】図1に示したごとく、各シリンダ2aの第1吸気ポート14aは吸気マニホールド30内に形成された第1吸気通路30aを介してサージタンク32に接続されている。また、第2吸気ポート14bは第2吸気通路30bを介してサージタンク32に連結されている。この内、各第2吸気通路30b内にはそれぞれ気流制御弁34が配置されている。これらの気流制御弁34は、共通のシャフト36を介して接続されていると共に、このシャフト36を介して負圧式アクチュエータ37により開閉駆動される。なお、気流制御弁34が閉状態とされた場合には、第1吸気ポート14aのみから吸入される吸気により燃焼室10内には強い旋回流S（図3）が生じる。

【0067】サージタンク32は吸気ダクト40を介してエアクリーナ42に連結されている。吸気ダクト40内にはモータ44（DCモータまたはステップモータ）によって駆動されるスロットル弁46が配置されている。このスロットル弁46の開度（スロットル開度TA）はスロットル開度センサ46aにより検出されるとともに、スロットル弁46は運転状態に応じて開度制御される。また、各シリンダ2aの各排気ポート18は排

気マニホールド48に連結されている。排気マニホールド48は触媒コンバータ49を介して排気を浄化して外部に排出している。

【0068】図2に示したごとく、ECU60は、デジタルコンピュータからなり、双方向バス60aを介して相互に接続されたCPU（マイクロプロセッサ）60b、ROM（リードオンリメモリ）60c、RAM（ランダムアクセスメモリ）60d、バックアップRAM60e、入力回路60fおよび出力回路60gを備えている。

【0069】スロットル開度TAを検出するスロットル開度センサ46aはスロットル弁46の開度TAに比例した出力電圧を入力回路60fに入力している。アクセルペダル74にはアクセル開度センサ76が取り付けられ、アクセルペダル74の踏み込み量ACCPに比例した出力電圧を入力回路60fに入力している。回転数センサ82は、クランクシャフト（図示略）が10°回転する毎に出力パルスが発生し、この出力パルスを入力回路60fに入力している。気筒判別センサ84は、例えば吸気弁12a、12bを駆動するためのカムシャフトの回転に基づいて、シリンダ2aの内の1番シリンダが吸気上死点に達したときに出力パルスが発生し、この出力パルスを入力回路60fに入力している。CPU60bでは気筒判別センサ84の出力パルスと回転数センサ82の出力パルスから現在のクランク角を計算し、回転数センサ82の出力パルスの頻度からエンジン回転数NEを計算している。

【0070】また、エンジン2のシリンダブロック4には水温センサ86が設けられ、エンジン2の冷却水温度THWを検出し冷却水温度THWに応じた出力電圧を入力回路60fに入力している。サージタンク32には、吸気圧センサ88が設けられ、サージタンク32内の吸気圧（吸入空気の圧力：絶対圧）PMに対応した出力電圧を入力回路60fに入力している。排気マニホールド48には酸素センサ（O2センサ）90が設けられ、排気中の酸素成分濃度に応じた出力電圧Voxを入力回路60fに入力している。前述した燃料分配管に設けられた燃圧センサ50aは燃料分配管内の燃料圧力Pに応じた出力電圧を入力回路60fに入力している。搭載されているバッテリー92の電圧VBは入力回路60fに入力している。またトランスミッション（図示略）の出力側には車速センサ94が設けられ、トランスミッションの出力軸の回転に基づき車速SPDに応じた信号を入力回路60fに入力している。

【0071】出力回路60gは、各燃料噴射弁22、負圧式アクチュエータ37、スロットル弁46の駆動用モータ44、電磁スピル弁55、イグナイタ100およびスタータモータ102に接続されて、各アクチュエータ装置22、37、44、55、100、102を必要に応じて駆動制御している。

【0072】次にエンジン2において始動完了後に行われる燃料噴射制御について説明する。図7のフローチャートに、運転領域に応じた燃焼形態を設定する燃焼形態設定処理を示す。本処理は予め設定されているクランク角毎に周期的に実行される処理である。なお、以下に説明する各フローチャート中の個々の処理ステップを「S～」で表す。

【0073】まず、回転数センサ82の信号から得られているエンジン回転数NEおよびアクセル開度センサ76の信号から得られているアクセルペダル74の踏み込み量（以下、アクセル開度と称する）ACCPがRAM60dの作業領域に読み込まれる（S100）。

【0074】次に、エンジン回転数NEとアクセル開度ACCPとに基づいて、リーン燃料噴射量QLを算出する（S110）。このリーン燃料噴射量QLは、成層燃焼を行う際にエンジン2の出力トルクを要求トルクとするのに最適な燃料噴射量を表している。リーン燃料噴射量QLは予め実験により求められ、図8に示すごとく、アクセル開度ACCPとエンジン回転数NEとをパラメータとするマップとしてROM60c内に記憶されている。ステップS110ではこのマップに基づいてリーン燃料噴射量QLが算出される。なお、マップでは離散的に数値が配置されているので、パラメータとして一致する値が存在しない場合には、補間計算により求めることになる。このような補間によるマップからの算出は、ここで述べたマップ以外のマップから必要な数値を求める場合にも同様に行われる。

【0075】次に、リーン燃料噴射量QLとエンジン回転数NEとに基づいて、図9のマップに示されるような3つの燃焼形態R1、R2、R3のいずれかが設定される（S115）。こうして一旦、本処理を終了する。なお、図9のマップは、予め実験により適切な燃焼形態をリーン燃料噴射量QLとエンジン回転数NEとに応じて設定したものであり、リーン燃料噴射量QLとエンジン回転数NEとをパラメータとするマップとしてROM60c内に記憶されている。

【0076】このように燃焼形態が設定されると、設定された燃焼形態R1～R3に応じて燃料噴射形態が制御される。すなわち、図9に示したごとくリーン燃料噴射量QLおよびエンジン回転数NEが境界線QQ1よりも小さい領域の燃焼形態R1では、リーン燃料噴射量QLに応じた量の燃料を圧縮行程末期に噴射する。この圧縮行程末期での噴射による噴射燃料は、燃料噴射弁22からピストン6の凹部24内に進行した後、凹部24の周壁面26（図4、5）に衝突する。周壁面26に衝突した燃料は気化せしめられつつ移動して点火プラグ20近傍の凹部24内に可燃混合気層を形成する。そしてこの層状の可燃混合気は点火プラグ20によって点火がなされることにより、燃焼形態として成層燃焼（燃焼形態Aに相当する）が行われる。このことにより、燃料に対し

て極めて過剰な吸入空気が存在する燃焼室内において安定した燃焼を行わせることができる。

【0077】また、リーン燃料噴射量QLおよびエンジン回転数NEが境界線QQ1と境界線QQ2との間である燃焼形態R2では、リーン燃料噴射量QLに応じた量の燃料を吸気行程と圧縮行程末期とに2回に分けて噴射する。すなわち、吸気行程に第1回目の燃料噴射が行われ、次いで圧縮行程末期に第2回目の燃料噴射が行われる。第1回目の噴射燃料は吸入空気と共に燃焼室10内に流入し、この噴射燃料によって燃焼室10内全体に均質な希薄混合気が形成される。また、圧縮行程末期に第2回目の燃料噴射が行われる結果、前述したごとく点火プラグ20近傍の凹部24内には可燃混合気層が形成される。そしてこの層状の可燃混合気は点火プラグ20によって点火がなされ、またこの点火火炎によって燃焼室10内全体を占める希薄混合気が燃焼される。すなわち、燃焼形態R2では前述した燃焼形態R1よりも成層度の弱い成層燃焼が行われる。このことにより、燃焼形態R1と燃焼形態R3とをつなぐ中間領域で滑らかなトルク変化を実現させることができる。以下、この燃焼形態を「弱成層燃焼」と称する。この「弱成層燃焼」も成層燃焼の一種である。

【0078】リーン燃料噴射量QLおよびエンジン回転数NEが境界線QQ2よりも大きい場合の燃焼形態R3では、理論空燃比基本燃料噴射量QBSに基づいて各種の補正を行った燃料量を吸気行程にて噴射する。この噴射燃料は吸入空気の流入とともに燃焼室10内に流入して点火まで流動する。このことにより燃焼室10内全体に均質な理論空燃比（後述するごとく、増量補正により理論空燃比より燃料濃度が濃いリッチ空燃比に制御される場合もある）の均質混合気が形成され、この結果、燃焼形態として均質燃焼（燃焼形態Bに相当する）が行われる。

【0079】次に、燃焼形態に基づいて実行される燃料噴射量制御処理のフローチャートを図10に示す。本処理は予め設定されているクランク角毎に周期的に実行される処理である。

【0080】燃料噴射量制御処理が開始されると、まず、アクセル開度センサ76の信号から得られているアクセル開度ACCP、回転数センサ82の信号から得られているエンジン回転数NE、吸気圧センサ88の信号から得られている吸気圧PM、および酸素センサ90の信号から得られている空燃比検出値VoxをRAM60dの作業領域に読み込む（S120）。

【0081】次に、現在、燃焼形態R3が設定されているか否かが判定される（S126）。ここで、燃焼形態は、前述した燃焼形態設定処理（図7）に基づき設定される他、各種条件に従い設定されている。燃焼形態R3が設定されていると判定された場合には（S126で「YES」）、予めROM60cに設定されている図1

1 のマップを用いて、吸気圧 P M とエンジン回転数 N E とから、理論空燃比基本燃料噴射量 Q B S が算出される (S 1 3 0) 。

【 0 0 8 2 】次に、高負荷増量 O T P 算出処理 (S 1 4 0) が行われる。この高負荷増量 O T P 算出処理について図 1 2 のフローチャートに基づいて説明する。高負荷増量 O T P 算出処理では、まず、アクセル開度 A C C P が高負荷増量判定値 K O T P A C を越えているか否かが判定される (S 1 4 1) 。 A C C P ≤ K O T P A C であれば (S 1 4 1 で「 N O 」) 、高負荷増量 O T P には値「 0 」が設定される (S 1 4 2) 。すなわち燃料の増量補正は行われず、高負荷増量 O T P 算出処理を一旦出る。

【 0 0 8 3 】一方、 A C C P > K O T P A C であれば (S 1 4 1 で「 Y E S 」) 、高負荷増量 O T P には値 M (例えば、 1 > M > 0) が設定される (S 1 4 4) 。すなわち燃料の増量補正の実行が設定される。この増量補正は、高負荷時に触媒コンバータ 4 9 が過熱するのを防止するためになされる。

【 0 0 8 4 】図 1 0 に戻り、ステップ S 1 4 0 にて高負荷増量 O T P が算出された後に、空燃比フィードバック (F / B) 条件が成立しているか否かが判定される (S 1 5 0) 。例えば、「 (1) 始動時でない。 (2) 暖機完了している。 (例えば冷却水温度 T H W ≥ 4 0 ° C)

$$Q \leftarrow QBS \{ 1 + OTP + (FAF - 1.0) + (KG - 1.0) \} \alpha + \beta \quad \dots \text{〔式 1〕}$$

ここで、 α 、 β はエンジン 2 の種類や制御の内容に応じて適宜設定される係数である。均質燃焼 (燃焼形態 R 3) 時には、この実燃料噴射操作量 Q が燃料噴射弁 2 2 の開弁時間 T A U として設定され、吸気行程時に実燃料噴射操作量 Q に応じた量の燃料が燃焼室 1 0 内に噴射される。

【 0 0 8 8 】ステップ S 1 8 0 にて実燃料噴射操作量 Q が算出されると一旦本処理を終了する。なお、このように均質燃焼を行っている燃焼形態 R 3 において、アイドル状態である場合には、図示していないが、 E C U 6 0 は、スロットル弁 4 6 の駆動用モータ 4 4 を駆動することによりスロットル開度 T A を調整して、エンジン回転数 N E が目標アイドル回転数 N T となるように制御している。

【 0 0 8 9 】一方、ステップ S 1 2 6 にて、燃焼形態 R 3 以外の燃焼形態、すなわち燃焼形態 R 1、 R 2 のいずれかに設定されていると判定された場合は (S 1 2 6 で「 N O 」) 、次に、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理が実行される (S 2 0 0) 。成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理を図 1 3 のフローチャートに示す。

【 0 0 9 0 】本成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理では、まず、アイドル時であるか否かが判定される (S 2 1 0) 。アイドル時であれば (S 2 1 0 で「 Y E S 」) 、次に回転数偏差 $\Delta N E$ が次式 2 のごとく目標ア

(3) 酸素センサ 9 0 は活性化が完了している。 (4) 高負荷増量 O T P の値が 0 である。」の条件がすべて成立しているか否かが判定される。

【 0 0 8 5 】空燃比フィードバック条件が成立していれば (S 1 5 0 で「 Y E S 」) 、空燃比フィードバック係数 F A F とその学習値 K G の算出が行われる (S 1 6 0) 。空燃比フィードバック係数 F A F は酸素センサ 9 0 の出力に基づいて算出される。また、学習値 K G は、空燃比フィードバック係数 F A F における中心値 1. 0 からのずれ量を記憶するものである。なお、学習値 K G = 1. 0 にある場合が空燃比フィードバック係数 F A F に中心値 1. 0 からの恒常的なずれが生じていなかった場合である。これらの値を用いた空燃比フィードバック制御技術は特開平 6 - 1 0 7 3 6 号公報などに示されているごとく種々の手法が知られている。

【 0 0 8 6 】一方、空燃比フィードバック条件が成立していなければ (S 1 5 0 で「 N O 」) 、空燃比フィードバック係数 F A F には 1. 0 が設定される (S 1 7 0) 。ステップ S 1 6 0 または S 1 7 0 の次に、実燃料噴射操作量 Q が次式 1 のごとく求められる (S 1 8 0) 。

【 0 0 8 7 】
〔数 1〕

アイドル回転数 N T とエンジン回転数 N E とに基づいて算出される (S 2 2 0) 。

【 0 0 9 1 】

〔数 2〕

$$\Delta N E \leftarrow N T - N E \quad \dots \text{〔式 2〕}$$

次に、回転数偏差 $\Delta N E$ に応じて、エンジン回転数 N E を目標アイドル回転数 N T に制御するための実燃料噴射操作量 Q が、フィードバック計算 f i d l により算出される (S 2 3 0) 。このようにして求められた実燃料噴射操作量 Q により、エンジン回転数 N E が目標アイドル回転数 N T となるようにアイドル回転数フィードバック制御がなされる。

【 0 0 9 2 】また、アイドル時でない場合には (S 2 1 0 で「 N O 」) 、エンジン 2 の運転積算時間 T e x e が R A M 6 0 d の作業領域に読み込まれる (S 2 4 0) 。この運転積算時間 T e x e は、エンジン 2 が車両搭載後に最初に運転を開始してからのトータルの経過時間を表している。運転積算時間 T e x e は、 E C U 6 0 内部のタイマによりエンジン 2 の運転時にカウントされて、バックアップ R A M 6 0 e 内に積算値として記憶されている。なお、このような運転経過時間以外に、エンジン 2 が搭載された車両の走行距離あるいはエンジン 2 が最初に運転を開始してからのトータルのエンジン回転回数を

【0093】次に、この運転積算時間 T_{exe} に基づいて、図 14 に示すマップから想定燃料噴射操作量低下係数 q_x を算出する (S250)。図 14 に示すマップは、エンジン 2 の運転経過に伴って、エンジン 2 およびその駆動系統のフリクションが低減することで、同じ出力トルクに要する燃料噴射操作量の低下する割合を表している。すなわち、エンジン 2 の車両搭載後の運転当初は、想定燃料噴射操作量低下係数 $q_x = 1.0$ であるが、運転積算時間 T_{exe} の増加に伴うフリクションの低減により次第に想定燃料噴射操作量低下係数 q_x は低下する。そして、ある程度の低下した後、想定燃料噴射操作量低下係数 q_x は安定した値となることを示している。

【0094】次に、燃焼形態設定処理 (図 7) のステップ S110 にて算出したリーン燃料噴射量 Q_L およびステップ S250 にて算出した想定燃料噴射操作量低下係数 q_x に基づいて、次式 3 に示すごとく燃料噴射弁 22 の劣化がない場合の想定燃料噴射操作量 Q_y を算出する (S260)。

【0095】

【数 3】

$$Q_y \leftarrow Q_L \cdot q_x \quad \dots \quad \text{【式 3】}$$

次に、この想定燃料噴射操作量 Q_y と、後述する量的劣化度 D_{vol} とに基づいて図 18 に示すマップから、量的噴射補正量 Q_{vol} が算出される (S270)。図 18 のマップは、後述するごとく均質燃焼時に得られた量的劣化度 D_{vol} を実際の成層燃焼 (燃焼形態 R1) および弱成層燃焼 (燃焼形態 R2) 時の燃料噴射操作量上のずれ量に換算するものであり、実験や計算により求められて予め ROM60c 内に記憶されている。

【0096】そして次に、次式 4 に示すごとく、想定燃料噴射操作量 Q_y を量的噴射補正量 Q_{vol} にて補正することにより実燃料噴射操作量 Q が算出される (S280)。

【0097】

【数 4】

$$Q \leftarrow Q_y + Q_{vol} \quad \dots \quad \text{【式 4】}$$

ステップ S230 またはステップ S280 にて実燃料噴射操作量 Q が算出されると一旦本処理を終了する。なお、成層燃焼 (燃焼形態 R1) 時には、この実燃料噴射操作量 Q が燃料噴射弁 22 の開弁時間 T_{AU} として設定

$$D_{vol} \leftarrow (Q - Q_{org} \cdot q_x) / Q \quad \dots \quad \text{【式 5】}$$

ここで、燃料噴射操作量 Q は、均質燃焼 (燃焼形態 R3) でのアイドル時に、燃料噴射量制御処理 (図 10) のステップ S180 にて求められている実燃料噴射操作量である。また、 Q_{org} は、今回と同様な条件下においてエンジン 2 の車両搭載後の運転開始当初において記憶された燃料噴射操作量である。すなわち、エンジン 2 の車両搭載後の運転開始当初において、エンジン 2 が均

され、圧縮行程時末期に燃焼室 10 内に噴射される。また、弱成層燃焼 (燃焼形態 R2) 時には、この実燃料噴射操作量 Q が 2 つに分けられて、それぞれ燃料噴射弁 22 の開弁時間 T_{AU} として設定され、吸気行程時と圧縮行程時末期とでそれぞれ燃焼室 10 内に噴射される。

【0098】次に、図 15 に基づいて量的劣化度 D_{vol} 検出処理について説明する。本処理は、燃料噴射量制御処理 (図 10) の処理後に、同一周期で実行される処理である。

【0099】量的劣化度 D_{vol} 検出処理が開始されると、まず、現在、燃焼形態 R3 でのアイドル時か否かが判定される (S310)。燃焼形態 R3 でのアイドル時でなければ (S310 で「NO」)、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y に「OFF」を設定して一旦本処理を終了する。燃焼形態 R3 でのアイドル時であれば (S310 で「YES」)、次に現在、空燃比フィードバック制御中であるか否か、すなわち、燃料噴射量制御処理 (図 10) のステップ S160 の処理が実行されている状態か否かが判定される (S330)。空燃比フィードバック制御中でなければ (S330 で「NO」)、このまま一旦本処理を終了する。

【0100】空燃比フィードバック制御中であれば (S330 で「YES」)、次に、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y が「OFF」か否かが判定される (S340)。 $F_y = \text{「ON」}$ であれば (S340 で「NO」)、このまま一旦本処理を終了する。

【0101】 $F_y = \text{「OFF」}$ であれば (S340 で「YES」)、次に、エンジン 2 の運転積算時間 T_{exe} が RAM60d の作業領域に読み込まれる (S350)。この運転積算時間 T_{exe} は、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図 13) のステップ S240 にて述べたごとくである。

【0102】次に、この運転積算時間 T_{exe} に基づいて、図 14 に示したマップから想定燃料噴射操作量低下係数 q_x を算出する (S360)。図 14 に示したマップは、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図 13) のステップ S250 にて述べたごとくである。

【0103】次に、量的劣化度 D_{vol} を次式 5 のごとく算出する (S370)。

【0104】

【数 5】

均質燃焼でのアイドル時にある場合に、同一の目標アイドル回転数 N_T に必要とされた燃料噴射操作量 Q をバックアップ RAM60e に記憶しておいた値である。したがって、例えば燃料噴射弁 22 において何ら劣化が生じていなければ、「 $Q_{org} \cdot q_x = Q$ 」となるので、この時には、 $D_{vol} = 0$ となる。

【0105】次に、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ

Fyに「ON」を設定して(S380)、一旦、量的劣化度Dvol検出処理を終了する。次に、図16に基づいて形状的劣化度Dshp検出処理を説明する。本処理は、燃料噴射量制御処理(図10)の処理後に、同一周期で実行される処理である。

【0106】形状的劣化度Dshp検出処理が開始されると、まず、燃焼形態R1でのアイドル時かが判定される(S410)。燃焼形態R1でのアイドル時でなければ(S410で「NO」)、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxに「OFF」が設定されて(S420)、一旦本処理を終了する。

【0107】燃焼形態R1でのアイドル時であれば(S410で「YES」)、次に、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxが「OFF」か否かが判定される(S430)。Fx=「ON」であれば(S430で「NO」)、一旦本処理を終了する。

【0108】Fx=「OFF」であれば(S430で「YES」)、次に、エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化しているか否かが判定される(S440)。例えば、基準時間の間、エンジン回転数NEが目標回転数NTに対して基準範囲内で存在しているか否かにより判定する。エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していなければ(S440で「NO」)、このまま一旦本処理を終了する。

【0109】エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していれば(S440で「YES」)、次に次式6に示すごとく想定燃料噴射操作量Qxを算出する(S450)。この想定燃料噴射操作量Qxは、燃料噴射弁22に劣化がない場合に設定される燃料噴射操作量に相当する。

【0110】

$$\Delta Dshp \leftarrow (Q - Qz) / Q \quad \cdots \quad \text{[式8]}$$

この式8は、燃料噴射弁22において燃料噴射量以外の劣化度の変化、例えば、燃料噴射弁22から燃焼室10内への燃料噴射の方向と燃料ミストの広がりと言った、燃料噴射形状などの要因による燃焼性の悪化度合の変化を表している。なお、燃料噴射操作量Qは、成層燃焼(燃焼形態R1)でのアイドル時に、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理(図13)のステップS230の

$$Dshp \leftarrow Dshp + \Delta Dshp \quad \cdots \quad \text{[式9]}$$

エンジン2が車両に搭載された当初における形状的劣化度Dshpの初期値は「0」が設定されている。したがって、最初にステップS490が実行された時には、形状的劣化度Dshpには $\Delta Dshp$ が、すなわち「 $(Q - Qz) / Q$ 」が設定される。そして、2回目からは、形状的劣化度変化量 $\Delta Dshp$ が生じた分の補正が、前記式9により形状的劣化度Dshpに対してなされることになる。

【0118】次に、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxに「ON」を設定して(S500)、一旦、本処

【数6】

$$Qx \leftarrow Qorgs \cdot qx \quad \cdots \quad \text{[式6]}$$

ここで、Qorgsは、今回と同様な条件下においてエンジン2の車両搭載後の運転開始当初において記憶された燃料噴射操作量である。すなわち、エンジン2の車両搭載後の運転開始当初において、成層燃焼(燃焼形態R1)でのアイドル時の場合に、同一の目標アイドル回転数NTに必要とされた燃料噴射操作量をバックアップRAM60eに記憶しておいた値である。

【0111】次に、この想定燃料噴射操作量Qxと、量的劣化度Dvol検出処理(図15)のステップS370にて算出されている量的劣化度Dvolとに基づいて、図18に示したマップから量的噴射補正量Qvolを算出する(S460)。図18のマップは、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理(図13)のステップS270にて述べたごとくである。

【0112】そして、このようにして算出した量的噴射補正量Qvolと想定燃料噴射操作量Qxとを用いて、次式7に示すごとく、補正後想定燃料噴射操作量Qzを算出する(S470)。

【0113】

【数7】

$$Qz \leftarrow Qx + Qvol \quad \cdots \quad \text{[式7]}$$

このように想定燃料噴射操作量Qxが量的噴射補正量Qvolにより補正されることにより求められる補正後想定燃料噴射操作量Qzは、燃料噴射量上の劣化のみが生じた場合の燃料噴射操作量を想定していることになる。

【0114】次に、形状的劣化度変化量 $\Delta Dshp$ が次式8に示すごとく算出される(S480)。

【0115】

【数8】

$$Qz \leftarrow Qz - (Q - Qz) / Q \quad \cdots \quad \text{[式8]}$$

フィードバック計算にて算出された実燃料噴射操作量Qである。

【0116】次に、次式9のごとく、形状的劣化度Dshpが算出される(S490)。

【0117】

【数9】

理を出る。なお、本実施の形態1では、前述したごとく、形状的劣化度Dshpを検出する一連の処理ステップS450～S490は、弱成層燃焼(燃焼形態R2)でのアイドル時には実行されない(S410で「NO」)。これは、弱成層燃焼では、実燃料噴射操作量Qのすべてが成層状態とならないため、実燃料噴射操作量Qのすべてが成層状態となる燃焼形態R1のアイドル時と同じ計算処理では、正確に形状的劣化度Dshpを算出できないからである。

【0119】このようにして求められた形状的劣化度D

s h pを用いた処理の一例として、燃料噴射時期制御処理を図 17 のフローチャートに示す。本処理は燃料噴射量制御処理 (図 10) に引き続き実行される処理であり、一定クランク角周期で実行される。

【0120】本処理が開始されると、まず、エンジン回転数NE、実燃料噴射操作量Q、形状的劣化度D s h pがRAM 60 dの作業領域に読み込まれる (S 5 1 0)。次に、燃焼形態R 1 (成層燃焼) か否かが判定される (S 5 1 2)。燃焼形態R 1であれば (S 5 1 2で「YES」)、次に成層用燃料噴射時期A i n jをエンジン回転数NEと実燃料噴射操作量Qとに基づいて、図 19に示すマップから算出する (S 5 1 4)。このマップは圧縮行程末期にて燃料噴射させるために設定されたものであり、圧縮行程末期にて燃焼室10内に噴射された燃料が成層状態となって良好な燃焼性を示すように実験によりエンジン回転数NEと実燃料噴射操作量Qとをパラメータとして設定されたマップである。

【0121】次に、形状的劣化度D s h p検出処理 (図

$$E i n j \leftarrow A i n j + K i n j \quad \dots \quad \text{[式10]}$$

こうして一旦本処理を終了する。

【0124】次に、燃焼形態R 1でない場合 (S 5 1 2で「NO」)、燃焼形態R 2か否かが判定される (S 5 2 0)。ここで、燃焼形態R 2 (弱成層燃焼) であれば (S 5 2 0で「YES」)、次に実燃料噴射操作量Qが成層燃焼用実燃料噴射操作量Q 1と均質燃焼用実燃料噴射操作量Q 2とに分割される (S 5 2 2)。この分割は、均質混合気内に成層状態に燃料を噴射した場合に、点火プラグ20により適切に点火されて、燃焼室10内の全体に存在する均質混合気が良好に燃焼されるように予め運転状態に応じた割合で設定されている。

【0125】次に、図 19に示したマップに従ってエンジン回転数NEと成層燃焼用実燃料噴射操作量Q 1とに基づいて成層用燃料噴射時期A i n jが算出される (S 5 2 4)。更に、ステップS 5 1 6にて説明したマップにて形状的劣化度D s h pに基づいて補正噴射時期K i n jを求める (S 5 2 6)。

【0126】次に、前記式10と同じく成層用燃料噴射時期A i n jを補正噴射時期K i n jにて補正することにより、成層用燃料噴射時期E i n jが求められる (S 5 2 8)。

【0127】次に、エンジン回転数NEと均質燃焼用実燃料噴射操作量Q 2とに基づいて、図 20に示すマップから均質用燃料噴射時期F i n jを算出する (S 5 3 0)。このマップは吸気行程にて燃料噴射させるために設定されたものであり、吸気行程噴射において燃焼室10内に噴射された燃料が均質な混合気となって良好な燃焼性を示すように実験によりエンジン回転数NEと実燃料噴射操作量Q (ここでは均質燃焼用実燃料噴射操作量Q 2)とをパラメータとして設定されたマップである。

【0128】こうして一旦本処理を終了する。次に、燃

16) のステップS 4 9 0にて求められた形状的劣化度D s h pを用いて、マップから補正噴射時期K i n jを求める (S 5 1 6)。このマップは、失火までの余裕度、エンジン回転数NEの変動あるいは燃費最適位置などを考慮して、実験により設定したものである。なお、形状的劣化度D s h pのみの1次元マップでも良いが、形状的劣化度D s h pとともにエンジン回転数NEまたは実燃料噴射操作量Qを加味した2次元マップでも良く、あるいは形状的劣化度D s h p、エンジン回転数NEおよび実燃料噴射操作量Qをパラメータとする3次元マップでも良い。

【0122】次に成層用燃料噴射時期E i n jが次式10のごとく、成層用燃料噴射時期A i n jを補正噴射時期K i n jにて補正することにより求められる (S 5 1 8)。

【0123】

【数10】

20 燃焼形態R 3である場合 (S 5 2 0で「NO」)、エンジン回転数NEと実燃料噴射操作量Qとに基づいて、マップから均質用燃料噴射時期F i n jを算出する (S 5 3 2)。このマップは吸気行程にて燃料噴射させるために設定されたものであるが、燃焼形態R 3では気流制御弁34が駆動される状態なので、図 20とは別に設定されたマップを用いている。

【0129】こうして一旦本処理を終了する。上述した実施の形態1において、形状的劣化度D s h p検出処理 (図 16) のステップS 4 5 0～S 4 9 0が劣化度合検出手段としての処理に相当し、ステップS 5 1 6, S 5 1 8, S 5 2 6, S 5 2 8が補正手段としての処理に相当する。そして、想定燃料噴射操作量Q xが「想定燃料噴射操作量」に、量的劣化度D v o lが「燃料噴射量の劣化度合」に、量的噴射補正量Q v o lが「不足度合a」に、補正後想定燃料噴射操作量Q zが「補正後の想定燃料噴射操作量」に、「Q-Q z」が「不足度合b」に、形状的劣化度D s h pが「燃料噴射量以外の劣化度合」に相当する。

【0130】以上説明した本実施の形態1によれば、以下40 の効果が得られる。

(イ) 燃料噴射弁22における形状的な劣化を求めるために、まず成層燃焼での想定燃料噴射操作量Q xを、燃料噴射弁22における量的劣化度D v o lから求めた量的噴射補正量Q v o lにより補正して、補正後想定燃料噴射操作量Q zを求める (S 4 7 0)。そして、この補正後想定燃料噴射操作量Q zが実燃料噴射操作量Qに対して有する不足度合「Q-Q z」を求めて、この値を実燃料噴射操作量Qで除算することにより形状的劣化度変化量ΔD s h pを求めている (S 4 8 0)。そして、この形状的劣化度変化量ΔD s h pにより燃料噴射量以

外の劣化度合である形状的劣化度 D_{shp} を求めている (S490)。このようにして、燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状的劣化度 D_{shp} を求めることができる。

【0131】 (ロ) . 量的噴射補正量 Q_{vol} については、均質燃焼時における実燃料噴射操作量 Q に対する想定燃料噴射操作量 $Q_{org} \cdot q_x$ の不足度合から求めた量的劣化度 D_{vol} (S370) を反映させることで求めている (S270, S460)。均質燃焼では、燃料噴射量以外の劣化度合が燃焼性に影響し難いため、均質燃焼での不足度合から量的劣化度 D_{vol} を求めることができる。そしてこの量的劣化度 D_{vol} から量的噴射補正量 Q_{vol} を求めることができる。

【0132】 (ハ) . なお、均質燃焼でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持するために生じる実燃料噴射操作量 Q に対する想定燃料噴射操作量 $Q_{org} \cdot q_x$ の不足度合「 $Q - Q_{org} \cdot q_x$ 」に基づいて量的劣化度 D_{vol} を求め (S370)、この量的劣化度 D_{vol} から量的噴射補正量 Q_{vol} を求めている (S460)。

【0133】 このように、均質燃焼でのアイドル状態を利用することにより、量的劣化度 D_{vol} のデータを容易に得ることができる。したがって、この量的劣化度 D_{vol} に基づくことにより、形状的劣化度 D_{shp} を容易に検出することができる。

【0134】 (二) . また、このようにして求められた形状的劣化度 D_{shp} を用いて、燃料噴射時期制御処理 (図17) においては、補正噴射時期 K_{inj} を求め (S516, S526)、成層用燃料噴射時期 A_{inj} を補正噴射時期 K_{inj} にて補正することにより、好適な成層用燃料噴射時期 E_{inj} が求められている (S5

$$D_{vol} \leftarrow (KG - KG_{org}) / KG \quad \dots \text{【式11】}$$

ここで、 KG_{org} は、エンジン2の車両搭載後の運転開始当初における空燃比フィードバック制御時に記憶された空燃比フィードバック係数 FAF の学習値 KG である。すなわち、車両搭載後の運転開始当初にエンジン2が均質燃焼で理論空燃比にフィードバック制御している場合にバックアップRAM60eに記憶しておいた値である。したがって、例えば燃料噴射弁22において何ら劣化が生じていなければ、「 $KG = KG_{org}$ 」となるので、この時には、 $D_{vol} = 0$ となる。

【0141】 ステップS570の処理が終了すれば、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y に「ON」を設定して (S575)、一旦本処理を終了する。このようにして量的劣化度 D_{vol} を求めることができる。そしてこの量的劣化度 D_{vol} は、前記実施の形態1にて述べた形状的劣化度 D_{shp} 検出処理 (図16) のステップS460にて量的噴射補正量 Q_{vol} を算出する際に用いられ、形状的劣化度 D_{shp} の算出 (S450～S490) に利用される。また、成層・弱成層燃焼時燃料

18, S528)。

【0135】 したがって噴射形状などの噴射量以外の劣化度合に影響されやすい成層燃焼にても精密で好適なエンジン制御が可能となる。

【実施の形態2】 本実施の形態2では、前記実施の形態1の図15に示した量的劣化度 D_{vol} 検出処理の代わりに図21に示す量的劣化度 D_{vol} 検出処理が実行される点が異なる。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0136】 本量的劣化度 D_{vol} 算出処理では、まず、燃焼形態R3 (均質燃焼) か否かが判定される (S550)。燃焼形態R3でなければ (S550で「NO」)、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y に「OFF」を設定して (S555)、一旦本処理を終了する。

【0137】 燃焼形態R3であれば (S550で「YES」)、次に空燃比フィードバック制御中か否かが判定される (S560)。空燃比フィードバック制御中で無ければ (S560で「NO」)、このまま本処理を一旦終了する。

【0138】 空燃比フィードバック制御中であれば (S560で「YES」)、次に、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y が「OFF」か否かが判定される (S565)。 $F_y = \text{「ON」}$ であれば (S565で「NO」)、このまま本処理を一旦終了する。

【0139】 $F_y = \text{「OFF」}$ であれば (S565で「YES」)、次に、次式11に示すごとく量的劣化度 D_{vol} が算出される (S570)。

【0140】

【数11】

噴射量制御処理 (図13) のステップS270にても量的噴射補正量 Q_{vol} を算出する際に用いられ、実燃料噴射操作量 Q の算出 (S280) に利用される。

【0142】 なお、ステップS460, S270で用いられるマップは、前記実施の形態1とは異なり、学習値 KG を用いたことに対応した内容となっている。以上説明した本実施の形態2によれば、以下の効果が得られる。

【0143】 (イ) . 前記実施の形態1の (イ) および (二) と同じ効果を生じる。

(ロ) . 均質燃焼時における空燃比フィードバック係数 FAF の学習値 KG における初期値 KG_{org} との差に基づいて量的劣化度 D_{vol} を求め (S570)、この量的劣化度 D_{vol} を反映させて量的噴射補正量 Q_{vol} を求めている (S460, S270)。空燃比フィードバック制御時の空燃比フィードバック係数 FAF に現れる変動、ここでは学習値 KG に蓄積された初期値からの変動に対しては、燃料噴射量以外の劣化度合による影

響は無いため、学習値 KG の初期値 KG_{org} からの変動に基づいて量的劣化度 $Dvol$ を求めることができる。そしてこの量的劣化度 $Dvol$ から量的噴射補正量 $Qvol$ を求めることができる。

【0144】(ハ)．本実施の形態2では、空燃比フィードバック制御時に計算される学習値 KG を用いて量的劣化度 $Dvol$ を求め (S570)、この量的劣化度 $Dvol$ から量的噴射補正量 $Qvol$ を求めている (S460, S270)。

【0145】したがって、通常空燃比フィードバック制御において量的劣化度 $Dvol$ のデータを容易に得ることができ、成層燃焼時に量的噴射補正量 $Qvol$ を用いて形状的劣化度 $Dshp$ を容易に検出することができる。

【0146】[実施の形態3] 本実施の形態3では、酸素センサ90の代わりに、リニア空燃比センサが設けられている。このリニア空燃比センサは、図22に示すごとく、排気の成分に現れる混合気の空燃比に応じた電流信号 I を出力する。そして、ECU60内で図23に示すごとくの電圧で表される空燃比検出値 VAF に変換された後に、この空燃比検出値 VAF に基づいて空燃比フィードバック制御がなされ、燃料噴射量の増減補正処理により、空燃比が目標空燃比に調整されている。

【0147】そして、前記実施の形態1の図15に示した量的劣化度 $Dvol$ 検出処理の代わりに、図24に示す量的劣化度 $Dvol$ 検出処理が実行される。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0148】量的劣化度 $Dvol$ 検出処理 (図24) が開始されると、まず、アクセル開度 $ACCP$ 、エンジン回転数 NE 、吸気圧 PM 、空燃比検出値 VAF および実

$$Dvol \leftarrow (AF - AF_{ini}) / AF \quad \dots \text{【式13】}$$

したがって、例えば燃料噴射弁22において何ら劣化が生じていなければ、「 $AF = AF_{ini}$ 」となるので、この時には、 $Dvol = 0$ となる。

【0155】ステップS660の処理が終了すれば、一旦本処理を終了する。このようにして量的劣化度 $Dvol$ を求めることができる。そしてこの量的劣化度 $Dvol$ は、ステップS460, S270にて量的噴射補正量 $Qvol$ を算出する際に用いられ、形状的劣化度 $Dshp$ および実燃料噴射操作量 Q の算出に利用される。なお、ステップS460, S270で用いられるマップは、前記実施の形態1とは異なり、空燃比 AF を用いたことに対応した内容となっている。

【0156】以上説明した本実施の形態3によれば、以下の効果が得られる。

(イ)．前記実施の形態1の(イ)および(二)と同じ効果を生じる。

(ロ)．量的噴射補正量 $Qvol$ については、実際にリニア空燃比センサにより検出される実空燃比 AF と、実燃料噴射操作量 Q により実現されると想定される想定空

燃料噴射操作量 Q 等をRAM60dの作業領域に読み込む (S610)。

【0149】次に量的劣化度 $Dvol$ 検出条件が成立しているか否かが判定される (S620)。量的劣化度 $Dvol$ 検出条件とは、エンジン2が安定した運転状態にある状態、例えば、アクセル開度 $ACCP$ 、吸気圧 PM 、エンジン回転数 NE 等が安定している状態である。

【0150】量的劣化度 $Dvol$ 検出条件が成立していなければ (S620で「NO」)、このまま一旦処理を終了する。量的劣化度 $Dvol$ 検出条件が成立していれば (S620で「YES」)、次に燃焼室10内に吸入される吸入空気量 Ga が、図25に示すマップからエンジン回転数 NE および吸気圧 PM に基づいて算出される (S630)。

【0151】次に、次式12に示すごとく、前記ステップS180 (図10) および前記ステップS230, S280 (図13) のいずれかにて求められた実燃料噴射操作量 Q との比を算出して、想定空燃比 AF_{ini} として設定する (S640)。

【0152】

【数12】

$$AF_{ini} \leftarrow Ga / Q \quad \dots \text{【式12】}$$

次に、実際の空燃比 AF を、リニア空燃比センサによる空燃比検出値 VAF に基づいて図23にて示したごとくの関係 f_v により演算することにより求める (S650)。

【0153】次に次式13に示すごとく量的劣化度 $Dvol$ が算出される (S660)。

【0154】

【数13】

燃比 AF_{ini} との比較から求めた量的劣化度 $Dvol$ (S660) を反映させることで求めている (S460, S270)。

【0157】このように実空燃比 AF と想定空燃比 AF_{ini} との差は、燃料噴射量以外の劣化度合による影響は無いため、実空燃比 AF と想定空燃比 AF_{ini} との差に基づいて量的劣化度 $Dvol$ を求めることができる。そしてこの量的劣化度 $Dvol$ から量的噴射補正量 $Qvol$ を求めることができる。

【0158】(ハ)．なお、実空燃比 AF はリニア空燃比センサにより、エンジン2の運転状態を選ばず、常時、直接的に正確に求めることができる。したがって、常に、量的劣化度 $Dvol$ を正確に求めておくことが可能であり、成層燃焼時において、この量的噴射補正量 $Qvol$ を用いて形状的劣化度 $Dshp$ を容易に検出することができる。

【0159】[実施の形態4] 本実施の形態4では、シリンダヘッド8には、燃焼圧センサが設けられている。そして、燃焼圧センサにて検出された燃焼室10内の燃

焼圧から、ECUにて実平均有効圧 P_i が計算されているものとする。

【0160】更に、前記実施の形態1の図15に示した量的劣化度 D_{vol} 検出処理の代わりに、図26に示す量的劣化度 D_{vol} 検出処理が実行される。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0161】量的劣化度 D_{vol} 検出処理（図26）が開始されると、まず、エンジン回転数 NE 、吸気圧 P_M 、実燃料噴射操作量 Q 、および実平均有効圧 P_i 等が RAM60d の作業領域に読み込まれる（S710）。 10

【0162】次に、燃焼形態 R_3 か否かが判定される（S720）。燃焼形態 R_3 でなければ（S720で「NO」）、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y に「OFF」を設定して（S730）、一旦本処理を終了する。

【0163】燃焼形態 R_3 であれば（S720で「YES」）、次に、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y

$$D_{vol} \leftarrow (P - P_i) / P_i \quad \dots \quad \text{【式14】}$$

したがって、例えば燃料噴射弁22において何ら劣化が生じていなければ、「 $P = P_i$ 」となるので、この時に 20 は、 $D_{vol} = 0$ となる。

【0167】ステップS760の処理が終了すれば、量的劣化度 D_{vol} 検出完了フラグ F_y に「ON」を設定して（S770）、一旦本処理を終了する。このようにして量的劣化度 D_{vol} を求めることができる。そしてこの量的劣化度 D_{vol} は、前記実施の形態1のステップS460、S270にて量的噴射補正量 Q_{vol} を算出する際に用いられ、形状的劣化度 D_{shp} および実燃料噴射操作量 Q の算出に利用される。なお、ステップS460、S270で用いられるマップは、前記実施の 30 形態1とは異なり、実平均有効圧 P_i を用いたことに対応した内容となっている。

【0168】以上説明した本実施の形態4によれば、以下の効果が得られる。

（イ）．前記実施の形態1の（イ）および（二）と同じ効果を生じる。

（ロ）．均質燃焼時における想定平均有効圧 P と実平均有効圧 P_i との差に基づいて量的劣化度 D_{vol} を求め（S760）、この量的劣化度 D_{vol} を反映させることで量的噴射補正量 Q_{vol} を求めている（S460、 40 S270）。均質燃焼時における燃焼圧に現れる変動、ここでは平均有効圧の変動に対しては、燃料噴射量以外の劣化度合による影響はほとんど無いため、想定平均有効圧 P と実平均有効圧 P_i との差に基づいて量的劣化度 D_{vol} を求めることができる。そしてこの量的劣化度 D_{vol} から量的噴射補正量 Q_{vol} を求めることができる。

【0169】（ハ）．なお、均質燃焼時での燃焼圧は、高頻度で直接的に求めることができる。したがって、常に量的劣化度 D_{vol} を正確に求めておくことが可能で 50

が「OFF」か否かが判定される（S740）。 $F_y =$ 「ON」であれば（S740で「NO」）、このまま処理を終了する。

【0164】 $F_y =$ 「OFF」であれば（S740で「YES」）、次に、実燃料噴射操作量 Q にて想定される想定平均有効圧 P が、エンジン回転数 NE 、吸気圧 P_M および実燃料噴射操作量 Q に基づいて、図27に示すマップから算出される（S750）。このマップは、予め実験により、エンジン回転数 NE 、吸気圧 P_M および実燃料噴射操作量 Q をパラメータとして、均質燃焼時のエンジンに発生する実平均有効圧 P_i を求めたものであり、ECUのROM内に記憶されている。

【0165】次に次式14に示すごとく量的劣化度 D_{vol} が算出される（S760）。

【0166】

【数14】

あり、成層燃焼時において、この量的噴射補正量 Q_{vol} を用いて形状的劣化度 D_{shp} を容易に検出することができる。

【0170】〔実施の形態5〕本実施の形態5では、前記実施の形態1の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理（図16）のステップS480の処理の代わりに、図28の処理を実行するものである。更に、本実施の形態5では、酸素センサ90の代わりに、リニア空燃比センサが設けられている。このリニア空燃比センサは、前記実施の形態3で述べたごとく、排気の成分に現れる混合気空燃比に応じた電流信号 I を出力し、ECU60内で空燃比検出値 VAF に変換される。そして、この空燃比検出値 VAF に基づいて空燃比フィードバック制御がなされ、燃料噴射量の増減補正処理により、空燃比が目標空燃比に調整される。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0171】形状的劣化度 D_{shp} 検出処理（図16）のステップS470の処理の次に、図28の処理が行われる。まず燃焼室10内に吸入される吸入空気量 G_a が、図25に示したと同じマップからエンジン回転数 NE および吸気圧 P_M に基づいて算出される（S810）。 40

【0172】次に、次式15に示すごとく、吸入空気量 G_a と、前記ステップS470（図16）にて求められている補正後想定燃料噴射操作量 Q_z との比を算出して、補正後想定空燃比 AF_z として設定する（S820）。

【0173】

【数15】

$$AF_z \leftarrow G_a / Q_z \quad \dots \quad \text{【式15】}$$

次に、実空燃比 AF を、リニア空燃比センサによる空燃比検出値 VAF に基づいて図23にて示したごとくの関

係 f_v により演算することにより求める (S830)。

【0174】次に次式16に示すごとく形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} が算出される (S840)。

$$\Delta D_{shp} \leftarrow (AF_z - AF) / AF \quad \dots \text{【式16】}$$

なお、燃料噴射時期制御処理 (図17) のステップ S516, S526 で用いられるマップは、前記実施の形態1とは異なり、空燃比 AF を用いたことに対応した内容となっている。

【0176】上述した実施の形態5において、形状的劣化度 D_{shp} 検出処理 (図16) のステップ S450 ~ S470, S490 および図28のステップ S810 ~ S840 が劣化度合検出手段としての処理に相当する。

【0177】以上説明した本実施の形態5によれば、以下の効果が得られる。

(イ)．補正後想定燃料噴射操作量 Q_z と吸入空気量 G_a とに基づいて得られる補正後想定空燃比 AF_z と実空燃比 AF との差である不足度合「 $AF_z - AF$ 」を求め、この値に基づいて形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} を求めている (S810 ~ S840)。そしてこの形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} から燃料噴射量以外の劣化度合である形状的劣化度 D_{shp} を算出している (S490)。このようにして、燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状的劣化度 D_{shp} を求めることができる。

【0178】(ロ)．前記実施の形態1の(ロ)、

(二) と同じ効果を生じる。

【実施の形態6】本実施の形態6では、前記実施の形態

$$\Delta D_{shp} \leftarrow (P_i - P_z) / P_i \quad \dots \text{【式17】}$$

なお、ステップ S516, S526 で用いられるマップは、前記実施の形態1とは異なり、実平均有効圧 P_i を用いたことに対応した内容となっている。

【0182】上述した実施の形態6において、形状的劣化度 D_{shp} 検出処理 (図16) のステップ S450 ~ S470, S490 および図29のステップ S910, S920 が劣化度合検出手段としての処理に相当する。

【0183】以上説明した本実施の形態6によれば、以下の効果が得られる。

(イ)．実平均有効圧 P_i と、補正後想定燃料噴射操作量 Q_z に基づいて得られる補正後想定平均有効圧 P_z との差である不足度合「 $P_i - P_z$ 」を求めて、この値に基づいて形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} を求めている (S910, S920)。そして、形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} から、燃料噴射量以外の劣化度合である形状的劣化度 D_{shp} を算出している (S490)。このようにして、燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状的劣化度 D_{shp} を求めることができる。

【0184】(ロ)．前記実施の形態1の(ロ)、

(二) と同じ効果を生じる。

【実施の形態7】本実施の形態7では、前記実施の形態1の成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図13) の代わりに、図31に示す成層・弱成層燃焼時燃料噴射

【0175】

【数16】

1の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理 (図16) のステップ S480 の処理の代わりに、図29の処理を実行するものである。更に、本実施の形態6では、シリンダヘッド8には、燃焼圧センサが設けられている。そして、燃焼圧センサにて検出された燃焼室10内の燃焼圧から、ECUにて実平均有効圧 P_i が計算されているものとする。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0179】図29の処理では、まず、補正後想定燃料噴射操作量 Q_z に基づいて想定される補正後想定平均有効圧 P_z が、エンジン回転数 NE 、吸気圧 PM および補正後想定燃料噴射操作量 Q_z に基づいて、図30に示すマップから算出される (S910)。このマップは、予め実験により、エンジン回転数 NE 、吸気圧 PM および燃料噴射操作量 Q_z をパラメータとして、成層燃焼でのアイドル時のエンジンに発生する実平均有効圧 P_i を求めたものであり、ECUのROM内に記憶されている。

【0180】次に次式17に示すごとく形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} が算出される (S920)。

【0181】

【数17】

$$\Delta D_{shp} \leftarrow (P_i - P_z) / P_i \quad \dots \text{【式17】}$$

量制御処理および図32に示す補正想定燃料噴射量設定処理を実行するものである。更に、図33に示す補正想定燃料噴射量対応空燃比 AF_t 検出処理を実行する。また、前記実施の形態1の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理 (図16) の代わりに、図34の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理を実行する。また、酸素センサ90の代わりに、リニア空燃比センサが設けられている。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態1と同じである。

【0185】成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図31) について説明する。この処理では、前記実施の形態1の成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図13) とは、次の点が異なる。すなわち、アイドル時と判定された (S210で「YES」) 後に、燃焼形態 R_1 か否かを判定する処理 (S1010)、燃焼形態 R_1 であった場合に (S1010で「YES」)、補正想定燃料噴射実行完了フラグ F_z が「ON」か否かを判定する処理 (S1020)、 $F_z = \text{「OFF」}$ であった場合に (S1020で「NO」)、図32に示す補正想定燃料噴射量設定処理 (S1030) が実行される点が異なる。成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図31) の他の処理は、特に説明しない限り前記実施の形態1の成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理 (図13) の処理と同じであり、同一のステップ番号で示して詳細な説

明は略す。

【0186】したがって、燃焼形態R2（弱成層燃焼）であった場合には（S1010で「NO」）、ステップS220の処理に移行し、前記実施の形態1と同様の処理となる。また、燃焼形態R1（成層燃焼）の場合であっても（S1010で「YES」）、Fz＝「ON」であれば（S1020で「YES」）、ステップS220の処理に移行し、前記実施の形態1と同様の処理となる。しかし、Fz＝「OFF」であれば（S1020で「NO」）、一時的であるがアイドル回転数フィードバック制御（S220、S230）は実行されず、図32に示す補正想定燃料噴射量設定処理（S1030）が行われる。

【0187】この補正想定燃料噴射量設定処理（図32）について説明する。まず、次式18に示すごとく想定燃料噴射操作量Qxを算出する（S1110）。この想定燃料噴射操作量Qxは、燃料噴射弁22に劣化がない場合に設定される燃料噴射操作量に相当する。

【0188】

【数18】

$$Qx \leftarrow Qorgs \cdot qx \quad \dots \quad \text{[式18]}$$

ここで、Qorgsは、前記実施の形態1のステップS450（図16）の場合と同じであり、今回と同様な条件下においてエンジン2の車両搭載後の運転開始当初において記憶された燃料噴射操作量である。

【0189】次に、この想定燃料噴射操作量Qxと、量的劣化度Dvol検出処理（図15）のステップS370にて算出されている量的劣化度Dvolとに基づいて、図18に示したマップから量的噴射補正量Qvolを算出する（S1120）。図18のマップは、前記実施の形態1のステップS270（図13）にて述べたごとくである。

【0190】そして、このようにして算出した量的噴射補正量Qvolと想定燃料噴射操作量Qxとを用いて、次式19に示すごとく、補正後想定燃料噴射操作量Qを算出する（S1130）。

【0191】

【数19】

$$Q \leftarrow Qx + Qvol \quad \dots \quad \text{[式19]}$$

このように想定燃料噴射操作量Qxが量的噴射補正量Qvolにより補正されることにより求められた補正後想定燃料噴射操作量Qは、燃料噴射量上の劣化のみが生じた場合の燃料噴射操作量を想定し、その値をそのまま実噴射操作量Qに設定したものとなる。このことにより、補正後想定燃料噴射操作量Qにて燃料噴射がなされて燃焼室10内で燃焼されることになる。

【0192】そして、このように一時的に補正後想定燃料噴射操作量Qにてアイドル回転が実行されている時に、図33に示す補正想定燃料噴射量対応空燃比AFt検出処理にて、補正想定燃料噴射量対応空燃比AFtが

検出される。この補正想定燃料噴射量対応空燃比AFt検出処理（図33）は、燃料噴射量制御処理（図10）と同じ周期で実行される。

【0193】補正想定燃料噴射量対応空燃比AFt検出処理（図33）が開始されると、まず、燃焼形態R1でのアイドル時か否かが判定される（S1210）。燃焼形態R1でのアイドル時でなければ（S1210で「NO」）、対応空燃比AFt検出完了フラグFzに「OFF」が設定されて（S1220）、一旦本処理を終了する。

【0194】燃焼形態R1でのアイドル時であれば（S1210で「YES」）、次に、対応空燃比AFt検出完了フラグFzが「OFF」か否かが判定される（S1230）。Fz＝「ON」であれば（S1230で「NO」）、一旦本処理を終了する。

【0195】Fz＝「OFF」であれば（S1230で「YES」）、次に、リニア空燃比センサの出力から得られる空燃比検出値VAFが安定化したか否かが判定される（S1240）。例えば、基準時間の間、空燃比検出値VAFの変動が小さい範囲内にあるか否かにより判定する。空燃比検出値VAFが安定化していなければ（S1240で「NO」）、このまま一旦本処理を終了する。

【0196】空燃比検出値VAFが安定化すれば（S1240で「YES」）、次に、実空燃比を、空燃比検出値VAFに基づいて図23にて示したごとくの関係fvにより演算することにより求め、対応空燃比AFtとして設定する（S1250）。

【0197】そして対応空燃比AFt検出完了フラグFzに「ON」を設定して（S1260）、本処理を一旦終了する。形状的劣化度Dshp検出処理（図34）について説明する。本処理においては、前記実施の形態1の形状的劣化度Dshp検出処理（図16）と同じ処理は同一のステップ番号で示している。

【0198】形状的劣化度Dshp検出処理（図34）が開始されると、まず、対応空燃比AFt検出完了フラグFzが「ON」か否かが判定される（S1310）。Fz＝「OFF」であれば（S1310で「NO」）、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxが「OFF」に設定されて（S420）、一旦本処理を終了する。

【0199】Fz＝「ON」であれば（S1310で「NO」）、すなわち、対応空燃比AFtが前記ステップS1250にて求められていれば、次に燃焼形態R1でのアイドル時か否かが判定される（S410）。燃焼形態R1でのアイドル時でなければ（S410で「NO」）、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxに「OFF」が設定されて（S420）、一旦本処理を終了する。

【0200】燃焼形態R1でのアイドル時であれば（S410で「YES」）、次に、形状的劣化度Dshp検

出完了フラグF_xが「OFF」か否かが判定される(S430)。F_x＝「ON」であれば(S430で「NO」)、一旦本処理を終了する。

【0201】F_x＝「OFF」であれば(S430で「YES」)、次に、エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化したか否かが判定される(S440)。エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していなければ(S440で「NO」)、このまま一旦本処理を終了する。

$$\Delta D_{shp} \leftarrow (A_{ft} - AF) / AF \quad \cdots \text{【式20】}$$

次に、次式21のごとく、形状的劣化度D_{shp}が算出される(S490)。

$$D_{shp} \leftarrow D_{shp} + \Delta D_{shp} \quad \cdots \text{【式21】}$$

次に、形状的劣化度D_{shp}検出完了フラグF_xに「ON」を設定して(S500)、一旦、本処理を出る。

【0206】なお、形状的劣化度D_{shp}が空燃比に基づいて求められているため、燃料噴射時期制御処理(図17)のステップS516、S526で用いられるマップは、前記実施の形態1とは異なり、空燃比を用いたことに対応した内容となっている。

【0207】本実施の形態7の構成において、図32、図33の処理および図34のステップS1320、S1330、S490が、劣化度合検出手段としての処理に相当する。

【0208】以上説明した本実施の形態7によれば、以下の効果が得られる。

(イ)．成層燃焼でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実空燃比A_Fと、量的噴射補正量Q_{vol}にて補正した想定燃料噴射操作量Qに基づいて燃料噴射した場合の実空燃比(対応空燃比A_{ft})との差に基づいて形状的劣化度変化量ΔD_{shp}を求めている(S1330)。そして、形状的劣化度変化量ΔD_{shp}から、燃料噴射量以外の劣化度合である形状的劣化度D_{shp}を算出している(S490)。このようにして、実空燃比の比較により燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状的劣化度D_{shp}を求めることができる。

【0209】(ロ)．前記実施の形態1の(ロ)、(二)と同じ効果を生じる。

【実施の形態8】本実施の形態8では、前記実施の形態7の補正想定燃料噴射量対応空燃比A_{ft}検出処理(図33)の代わりに、図35に示す補正想定燃料噴射量対応燃焼圧P_{tt}検出処理が実行される。また、前記実施の形態7の形状的劣化度D_{shp}検出処理(図34)のステップS1320、S1330の代わりに、図36に示す処理が実行される。更に、本実施の形態8では、シリンダヘッド8には、燃焼圧センサが設けられている。そして、燃焼圧センサにて検出された燃焼室10内の燃焼圧から、ECUにて実平均有効圧P_iが計算されているものとする。他の構成は特に説明しない限り前記実施

$$\Delta D_{shp} \leftarrow (P_i - P_{tt}) / P_i \quad \cdots \text{【式22】}$$

【0202】エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化すれば(S440で「YES」)、次に、実空燃比A_Fを、リニア空燃比センサによる空燃比検出値V_{AF}に基づいて図23にて示したごとくの関係f_vにより演算することにより求める(S1320)。

【0203】次に次式20に示すごとく形状的劣化度変化量ΔD_{shp}が算出される(S1330)。

【0204】

【数20】

【0205】

【数21】

の形態7と同じである。

【0210】補正想定燃料噴射量対応燃焼圧P_{tt}検出処理(図35)について説明する。本処理が開始されると、まず、燃焼形態R1でのアイドル時か否かが判定される(S1410)。燃焼形態R1でのアイドル時でなければ(S1410で「NO」)、対応燃焼圧P_{tt}検出完了フラグF_zに「OFF」が設定されて(S1420)、一旦本処理を終了する。

【0211】燃焼形態R1でのアイドル時であれば(S1410で「YES」)、次に、対応燃焼圧P_{tt}検出完了フラグF_zが「OFF」か否かが判定される(S1430)。F_z＝「ON」であれば(S1430で「NO」)、一旦本処理を終了する。

【0212】F_z＝「OFF」であれば(S1430で「YES」)、次に、実平均有効圧P_iが安定化したか否かが判定される(S1440)。例えば、基準時間の間、実平均有効圧P_iの変動が小さい範囲内にあるか否かにより判定する。実平均有効圧P_iが安定化していなければ(S1440で「NO」)、このまま一旦本処理を終了する。

【0213】実平均有効圧P_iが安定化すれば(S1440で「YES」)、次に、実平均有効圧P_iを対応燃焼圧P_{tt}として設定する(S1450)。そして対応燃焼圧P_{tt}検出完了フラグF_zに「ON」を設定して(S1460)、本処理を一旦終了する。

【0214】上述した処理に基づいて行われる形状的劣化度D_{shp}検出処理については、エンジン回転数NEが目標回転数NTにて安定化した場合(S440で「YES」)に、図36に示したごとく処理が行われる。

【0215】すなわち、次式22に示すごとく、対応燃焼圧P_{tt}と現在の実平均有効圧P_iとに基づいて、形状的劣化度変化量ΔD_{shp}が算出される(S1510)。

【0216】

【数22】

こうして、次にステップ S 490 にて、前述したごとく形状劣化度 D_{shp} が算出される。

【0217】なお、形状劣化度 D_{shp} が平均有効圧に基づいて求められているため、燃料噴射時期制御処理（図 17）のステップ S 516、S 526 で用いられるマップは、前記実施の形態 7 とは異なり、平均有効圧を用いたことに対応した内容となっている。

【0218】以上説明した本実施の形態 8 によれば、以下の効果が得られる。

（イ）、成層燃焼でのアイドル時にアイドル目標回転数を維持する際の実平均有効圧 P_i と、量的噴射補正量 Q_{vol} にて補正した想定燃料噴射操作量 Q に基づいて燃料噴射した場合の対応燃焼圧 P_{tt} との差に基づいて形状劣化度変化量 ΔD_{shp} を求めている（S 1510）。そして、形状劣化度変化量 ΔD_{shp} から、燃料噴射量以外の劣化度合である形状劣化度 D_{shp} を算出している（S 490）。このようにして、実平均有効圧の比較により燃料噴射量以外の劣化度合のみを表す形状劣化度 D_{shp} を求めることができる。

【0219】（ロ）、前記実施の形態 1 の（ロ）、（二）と同じ効果を生じる。

【実施の形態 9】本実施の形態 9 では、前記実施の形態 1 の構成において、形状劣化度 D_{shp} 検出処理（図 16）の代わりに、図 37 に示す形状劣化度 D_{shp} 検出処理が実行される。また、酸素センサ 90 の代わりにリニア空燃比センサが設けられている。他の構成は特に説明しない限り前記実施の形態 1 と同じである。

【0220】形状劣化度 D_{shp} 検出処理が開始されると、まず、燃焼形態 R 1 でのアイドル時か否かが判定される（S 1610）。燃焼形態 R 1 でのアイドル時でなければ（S 1610 で「NO」）、形状劣化度 D_{shp} 検出完了フラグ F_x に「OFF」が設定され（S 1620）、空燃比制御完了フラグ F_{af} に「OFF」が設定され（S 1630）、一旦本処理を終了する。

【0221】燃焼形態 R 1 でのアイドル時であれば（S 1610 で「YES」）、次に、形状劣化度 D_{shp} 検出完了フラグ F_x が「OFF」か否かが判定される（S 1640）。 $F_x = \text{「ON」}$ であれば（S 1640 で「NO」）、空燃比制御完了フラグ F_{af} に「OFF」が設定されて（S 1630）一旦本処理を終了する。

【0222】 $F_x = \text{「OFF」}$ であれば（S 1640 で「YES」）、次に、空燃比制御完了フラグ F_{af} が「ON」か否かが判定される（S 1650）。 $F_{af} = \text{「OFF」}$ であれば（S 1650 で「NO」）、次にエンジン回転数フィードバック制御が禁止される（S 1660）。このことにより、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理（図 13）のステップ S 220、S 230 による実燃料噴射操作量 Q の算出処理は停止される。

【0223】そして、現在の空燃比 A_F を成層燃焼時初

期アイドル空燃比 A_{Fst} に制御するために、現在、リニア空燃比センサにより検出されている空燃比 A_F と成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} との差 ΔA_F を次式のごとく算出する（S 1670）。

【0224】

【数 23】

$$\Delta A_F \leftarrow A_F - A_{Fst} \quad \dots \quad \text{【式 23】}$$

ここで、成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} は、エンジン 2 の車両搭載後の運転開始当初において今回と同様な条件下において記憶された空燃比である。すなわち、エンジン 2 の車両搭載後の運転開始当初において、成層燃焼（燃焼形態 R 1）でのアイドル時に、同一の目標アイドル回転数 N_T を達成した際の空燃比をバックアップ RAM 60e に記憶しておいた値である。

【0225】次に、空燃比差 ΔA_F に応じて、空燃比 A_F を成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} に制御するための実燃料噴射操作量 Q が、フィードバック計算 f_a により算出される（S 1680）。このようにして求められた実燃料噴射操作量 Q により、空燃比 A_F が成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} となるように空燃比フィードバック制御がなされる。

【0226】次に、空燃比 A_F が成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} で安定化しているか否かが判定される（S 1690）。例えば、基準時間の間、空燃比 A_F が成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} に対して基準範囲内で存在しているか否かにより判定する。空燃比 A_F が成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} で安定化していなければ（S 1690 で「NO」）、このまま一旦本処理を終了する。

【0227】空燃比 A_F が成層燃焼時初期アイドル空燃比 A_{Fst} で安定化すれば（S 1690 で「YES」）、この時の実燃料噴射操作量 Q を初期空燃比達成燃料噴射操作量 Q_f として設定する（S 1700）。そして、空燃比制御完了フラグ F_{af} に「ON」を設定して（S 1710）、一旦本処理を終了する。

【0228】次の制御周期では、 $F_{af} = \text{「ON」}$ となったので、ステップ S 1650 では「YES」と判定される。したがって、次に、エンジン回転数フィードバック制御が許可される（S 1720）。このことにより、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理（図 13）のステップ S 220、S 230 による実燃料噴射操作量 Q の処理が復帰し、実燃料噴射操作量 Q の増減補正によるアイドル回転数フィードバック制御が行われる。

【0229】次に、エンジン回転数 N_E が目標回転数 N_T で安定化しているか否かが判定される（S 1730）。例えば、基準時間の間、エンジン回転数 N_E が目標回転数 N_T に対して基準範囲内で存在しているか否かにより判定する。エンジン回転数 N_E が目標回転数 N_T で安定化していなければ（S 1730 で「NO」）、このまま一旦本処理を終了する。

【0230】エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していれば（S1730で「YES」）、次に、次式24に示すごとく、形状的劣化度変化量 $\Delta Dshp$ が

$$\Delta Dshp \leftarrow (Q - Qf) / Q \quad \dots \text{【式24】}$$

この式24は、燃料噴射弁22において燃料噴射量以外の劣化度の変化、例えば、燃料噴射弁22から燃焼室10内への燃料噴射の方向と燃料ミストの広がりと言った、燃料噴射形状などの要因による燃焼性の悪化度合の変化を表している。燃料噴射操作量Qは、成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理（図13）のステップS23

$$Dshp \leftarrow Dshp + \Delta Dshp \quad \dots \text{【式25】}$$

エンジン2が車両に搭載された当初における形状的劣化度Dshpの初期値は「0」が設定されている。したがって、最初にステップS1750が実行された時には、形状的劣化度Dshpには $\Delta Dshp$ が、すなわち

「 $(Q - Qf) / Q$ 」が設定される。そして、2回目からは、形状的劣化度変化量 $\Delta Dshp$ が生じた分の補正が、前記式25により形状的劣化度Dshpに対してなされることになる。

【0234】次に、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxに「ON」を設定して（S1760）、一旦、本処理を出る。以上説明した本実施の形態9によれば、以下の効果が得られる。

【0235】（イ）、成層燃焼時初期アイドル空燃比AFstとなるように調整されて得られた初期空燃比達成燃料噴射操作量Qfは、前記実施の形態1における量的噴射補正量Qvolにて補正して得た補正後想定燃料噴射操作量Qzと同じものである。このため、形状的劣化度Dshpを得るためには、量的劣化度Dvolおよび量的噴射補正量Qvolを求めなくても良く、より簡易な構成で形状的劣化度Dshpを得ることができる。

【0236】（ロ）、前記実施の形態1の（二）の効果を生じる。

【実施の形態10】本実施の形態10では、前記実施の形態9の構成において、形状的劣化度Dshp検出処理（図37）の代わりに、図38に示す形状的劣化度Dshp検出処理が実行される。他の構成は特に説明しない

$$\Delta Dshp \leftarrow (AFst - AF) / AF \quad \dots \text{【式26】}$$

この式26は、燃料噴射弁22において燃料噴射量以外の劣化度の変化、例えば、燃料噴射弁22から燃焼室10内への燃料噴射の方向と燃料ミストの広がりと言った、燃料噴射形状などの要因による燃焼性の悪化度合の変化を表している。燃料噴射操作量AFstは、エンジン2の車両搭載後の運転開始当初において今回と同様な条件下において記憶された空燃比である。すなわち、エンジン2の車両搭載後の運転開始当初において、成層燃焼（燃焼形態R1）でのアイドル時に、同一の目標アイ

$$Dshp \leftarrow Dshp + \Delta Dshp \quad \dots \text{【式27】}$$

エンジン2が車両に搭載された当初における形状的劣化度Dshpの初期値は「0」が設定されている。したが

算出される（S1740）。

【0231】

【数24】

0のフィードバック計算にて算出された実燃料噴射操作量Qである。

【0232】次に、次式25のごとく、形状的劣化度Dshpが算出される（S1750）。

【0233】

【数25】

限り前記実施の形態9と同じである。

【0237】形状的劣化度Dshp検出処理が開始されると、まず、燃焼形態R1でのアイドル時か否かが判定される（S1810）。燃焼形態R1でのアイドル時でなければ（S1810で「NO」）、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxに「OFF」が設定され（S1820）、一旦本処理を終了する。

【0238】燃焼形態R1でのアイドル時であれば（S1810で「YES」）、次に、形状的劣化度Dshp検出完了フラグFxが「OFF」か否かが判定される（S1830）。Fx＝「ON」であれば（S1830で「NO」）、一旦本処理を終了する。

【0239】Fx＝「OFF」であれば（S1830で「YES」）、次に、エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化しているか否かが判定される（S1840）。エンジン回転数NEの安定化については前記実施の形態9で述べたごとくである。エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していなければ（S1840で「NO」）、このまま一旦本処理を終了する。

【0240】エンジン回転数NEが目標回転数NTで安定化していれば（S1840で「YES」）、次に、次式26に示すごとく、形状的劣化度変化量 $\Delta Dshp$ が算出される（S1850）。

【0241】

【数26】

ドル回転数NTを達成した際の空燃比をバックアップRAM60eに記憶しておいた値である。また、空燃比AFはリニア空燃比センサにより検出される現在の空燃比を表している。

【0242】次に、次式27のごとく、形状的劣化度Dshpが算出される（S1860）。

【0243】

【数27】

って、最初にステップS1860が実行された時には、形状的劣化度Dshpには $\Delta Dshp$ が、すなわち

「 $(AF_{st} - AF) / AF$ 」が設定される。そして、2回目からは、形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} が生じた分の補正が、前記式 27 により形状的劣化度 D_{shp} に対してなされることになる。

【0244】次に、形状的劣化度 D_{shp} 検出完了フラグ F_x に「ON」を設定して(S1870)、一旦、本処理を出る。以上説明した本実施の形態 10 によれば、以下の効果が得られる。

【0245】(イ)．成層燃焼時初期アイドル空燃比 AF_{st} と、現時点において目標回転数を達成するための空燃比 AF との差 ΔAF には燃料噴射弁 22 の量的な劣化が関係せず、形状的な劣化のみが関係する。このため、形状的劣化度 D_{shp} を得るためには量的劣化度 D_{vol} および量的噴射補正量 Q_{vol} を求めなくても良く、より簡易な構成で形状的劣化度 D_{shp} を得ることができる。

【0246】(ロ)．前記実施の形態 1 の(二)の効果を生じる。

【その他の実施の形態】

・前記各実施の形態の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理においては、燃焼形態 R_1 (成層燃焼)のみで形状的劣化度 D_{shp} を算出し、弱成層燃焼(燃焼形態 R_2)では形状的劣化度 D_{shp} は算出しなかったが、弱成層燃焼時においても燃料噴射操作量 Q の内で圧縮行程末期に噴射される燃料量に基づくことにより、形状的劣化度 D_{shp} を算出しても良い。

【0247】・前記実施の形態 1～8 においては、成層燃焼時に量的劣化度 D_{vol} にて想定燃料噴射操作量を補正して、この補正後の想定燃料噴射操作量またはこれから得られる学習値、空燃比、燃焼圧と、実燃料噴射操作量またはこれから得られる学習値、空燃比、燃焼圧との差を求めることで、形状的劣化度 D_{shp} を求めた。これ以外に、成層燃焼時には、補正していない想定燃料噴射操作量またはこれから得られる学習値、空燃比、燃焼圧と、実燃料噴射操作量またはこれから得られる学習

$$D_{shp} \leftarrow D_{shp} + k \cdot \Delta D_{shp} \quad \cdots \quad \text{【式 28】}$$

・あるいは形状的劣化度 D_{shp} を形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} にてそのまま補正する代わりに、 ΔD_{shp} が基準値よりも大きくなった場合に初めて、形状的劣化度 D_{shp} を形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} にて補正しても良い。更に、 ΔD_{shp} が基準値よりも大きくなった場合に前記式 28 のごとくに補正しても良い。

【0253】・前記各実施の形態では、一旦、形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} を求めてから、形状的劣化度 D_{shp} を形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} にて補正することにより、新たな形状的劣化度 D_{shp} を算出していた。

$$D_{shp} \leftarrow (Q - Q_z) / Q \quad \cdots \quad \text{【式 29】}$$

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施の形態 1 における筒内噴射式内燃機関の概略構成図。

値、空燃比、燃焼圧との差を求めることで、「形状的劣化度 D_{shp} + 量的劣化度 D_{vol} 」の値を検出し、この値から、量的劣化度 D_{vol} を減算することにより、形状的劣化度 D_{shp} を求めるようにしても良い。

【0248】・前記実施の形態 2～4 では、補正後の想定燃料噴射操作量と実燃料噴射操作量との差に基づいて形状的劣化度 D_{shp} を求めたが、前記実施の形態 2～4 においても、前記実施の形態 5～8 に示したごとくの手法で形状的劣化度 D_{shp} を求めても良い。

【0249】・前記実施の形態 4, 6, 8 では平均有効圧を用いていたが、これ以外に、最高燃焼圧を用いても良い。

・前記各実施の形態では、求めた形状的劣化度 D_{shp} に基づいて燃料噴射時期を補正したが、これに替えて、あるいはこれに加えて、形状的劣化度 D_{shp} に基づいて点火時期を補正するようにしても良い。また、このような燃料噴射時期補正あるいは点火時期補正は、形状的劣化度 D_{shp} とともに量的劣化度 D_{vol} によっても補正するようにしても良い。

【0250】・前記各実施の形態において、EGR(排気再循環)制御を行っている場合には、形状的劣化度 D_{shp} が大きくなると EGR により失火しやすくなるので、形状的劣化度 D_{shp} の増加に応じて EGR 量を小さくするようにしても良い。この場合も、形状的劣化度 D_{shp} とともに量的劣化度 D_{vol} によっても EGR 量を補正するようにしても良い。

【0251】・前記各実施の形態において、形状的劣化度 D_{shp} の算出時には、形状的劣化度 D_{shp} を形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} にて、そのまま補正していたが、例えば、次式 28 に示すごとく、係数 k ($0 < k < 1$)により、減少補正したものを加えるようにしても良い。

【0252】

【数 28】

これ以外に、次のようにしても良い。すなわち、形状的劣化度 D_{shp} 検出完了フラグ F_x が「ON」である際に、形状的劣化度 D_{shp} による燃料噴射時期補正(図 17: S516, S518)、あるいは形状的劣化度 D_{shp} による点火時期補正を停止する。そして、形状的劣化度変化量 ΔD_{shp} の計算を実行せずに直接、形状的劣化度 D_{shp} を求める。例えば、前記実施の形態 1 の場合は次式 29 のごとくとなる。

【0254】

【数 29】

【図 2】実施の形態 1 の筒内噴射式内燃機関制御系統のブロック図。

【図 3】実施の形態 1 におけるシリンダヘッドの水平方

向断面図。

【図 4】実施の形態 1 のピストンにおける頂面の平面図。

【図 5】図 3 における X-X 断面図。

【図 6】図 3 における Y-Y 断面図。

【図 7】実施の形態 1 の燃焼形態設定処理のフローチャート。

【図 8】実施の形態 1 にてリーン燃料噴射量 Q_L を求めるためのマップ構成説明図。

【図 9】実施の形態 1 にて燃焼形態を設定するためのマ
ップ構成説明図。 10

【図 10】実施の形態 1 の燃料噴射量制御処理のフローチャート。

【図 11】実施の形態 1 にて理論空燃比基本燃料噴射量 Q_{BS} を求めるためのマップ構成説明図。

【図 12】実施の形態 1 の高負荷増量 OT_P 算出処理のフローチャート。

【図 13】実施の形態 1 の成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理のフローチャート。

【図 14】実施の形態 1 にて運転積算時間 T_{exe} に基
づいて想定燃料噴射操作量低下係数 q_x を求めるための
マップ構成説明図。 20

【図 15】実施の形態 1 の量的劣化度 D_{vol} 検出処理のフローチャート。

【図 16】実施の形態 1 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理のフローチャート。

【図 17】実施の形態 1 の燃料噴射時期制御処理のフローチャート。

【図 18】実施の形態 1 にて燃料噴射操作量と量的劣化度 D_{vol} とに基づいて量的噴射補正量 Q_{vol} を求め
るためのマップ構成説明図。 30

【図 19】実施の形態 1 にてエンジン回転数 NE と実燃料噴射操作量 Q とに基づいて成層用燃料噴射時期 A_{inj} を求めるためのマップ構成説明図。

【図 20】実施の形態 1 にてエンジン回転数 NE と実燃料噴射操作量 Q とに基づいて均質用燃料噴射時期 F_{inj} を求めるためのマップ構成説明図。

【図 21】実施の形態 2 の量的劣化度 D_{vol} 検出処理のフローチャート。

【図 22】実施の形態 3 のリニア空燃比センサにおける
空燃比に応じた電流信号 I の出力を示すグラフ。 40

【図 23】実施の形態 3 のリニア空燃比センサの電流信号 I の出力を電圧信号 VAF に変換した場合を示すグラフ。

【図 24】実施の形態 3 の量的劣化度 D_{vol} 検出処理のフローチャート。

【図 25】実施の形態 3 にてエンジン回転数 NE および吸気圧 P_M に基づいて吸入空気量 G_a を求めるためのマップ構成説明図。

【図 26】実施の形態 4 の量的劣化度 D_{vol} 検出処理 50

のフローチャート。

【図 27】実施の形態 4 にてエンジン回転数 NE 、吸気圧 P_M および実燃料噴射操作量 Q に基づいて想定平均有効圧 P を求めるためのマップ構成説明図。

【図 28】実施の形態 5 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理の一部を示すフローチャート。

【図 29】実施の形態 6 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理の一部を示すフローチャート。

【図 30】実施の形態 6 にてエンジン回転数 NE 、吸気圧 P_M および補正後想定燃料噴射操作量 Q_z に基づいて補正後想定平均有効圧 P_z を求めるためのマップ構成説明図。

【図 31】実施の形態 7 の成層・弱成層燃焼時燃料噴射量制御処理のフローチャート。

【図 32】実施の形態 7 の補正想定燃料噴射量設定処理のフローチャート。

【図 33】実施の形態 7 の補正想定燃料噴射量対応空燃比 AF_t 検出処理のフローチャート。

【図 34】実施の形態 7 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理を示すフローチャート。

【図 35】実施の形態 8 の補正想定燃料噴射量対応燃焼圧 P_{tt} 検出処理のフローチャート。

【図 36】実施の形態 8 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理の一部を示すフローチャート。

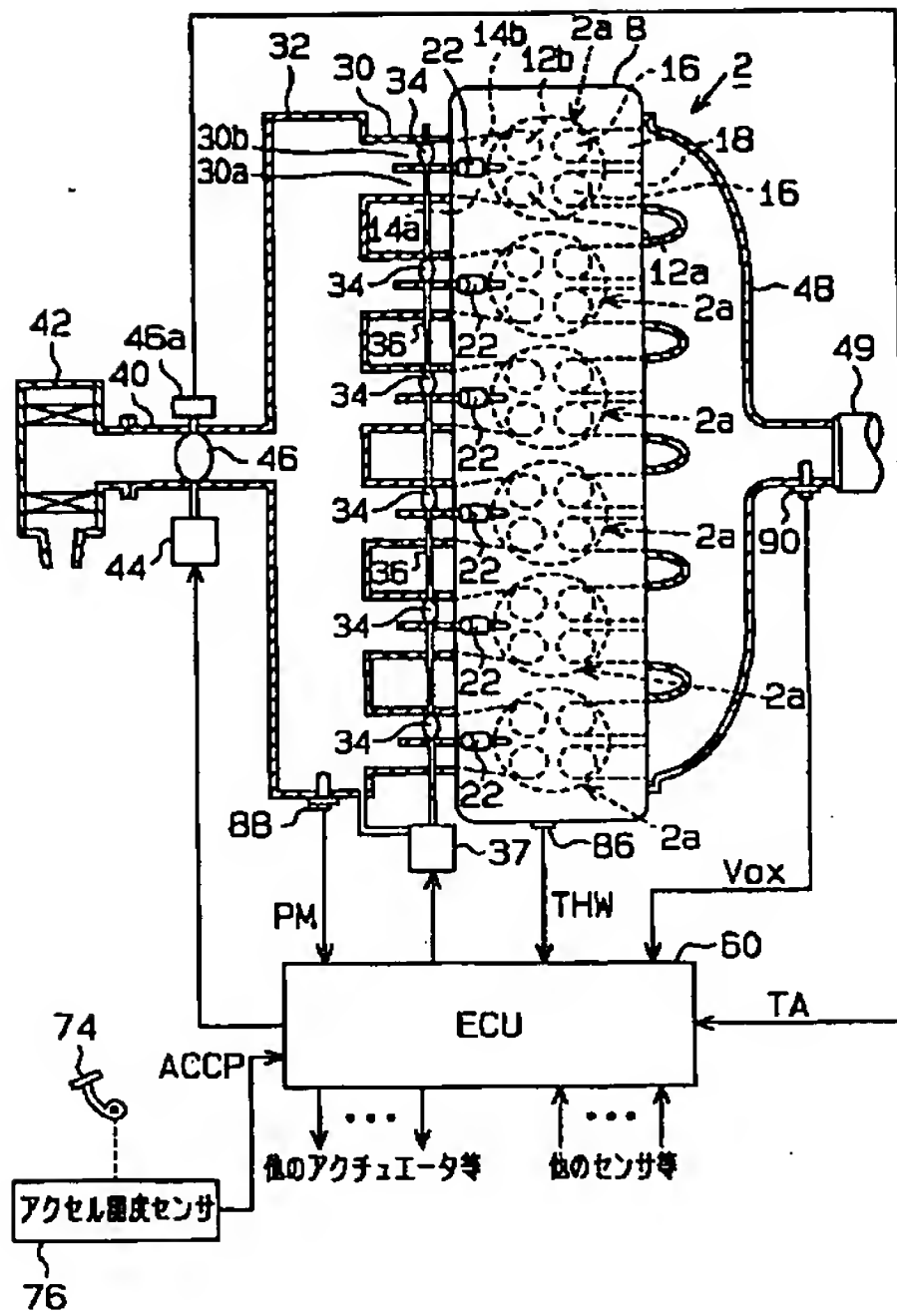
【図 37】実施の形態 9 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理を示すフローチャート。

【図 38】実施の形態 10 の形状的劣化度 D_{shp} 検出処理を示すフローチャート。

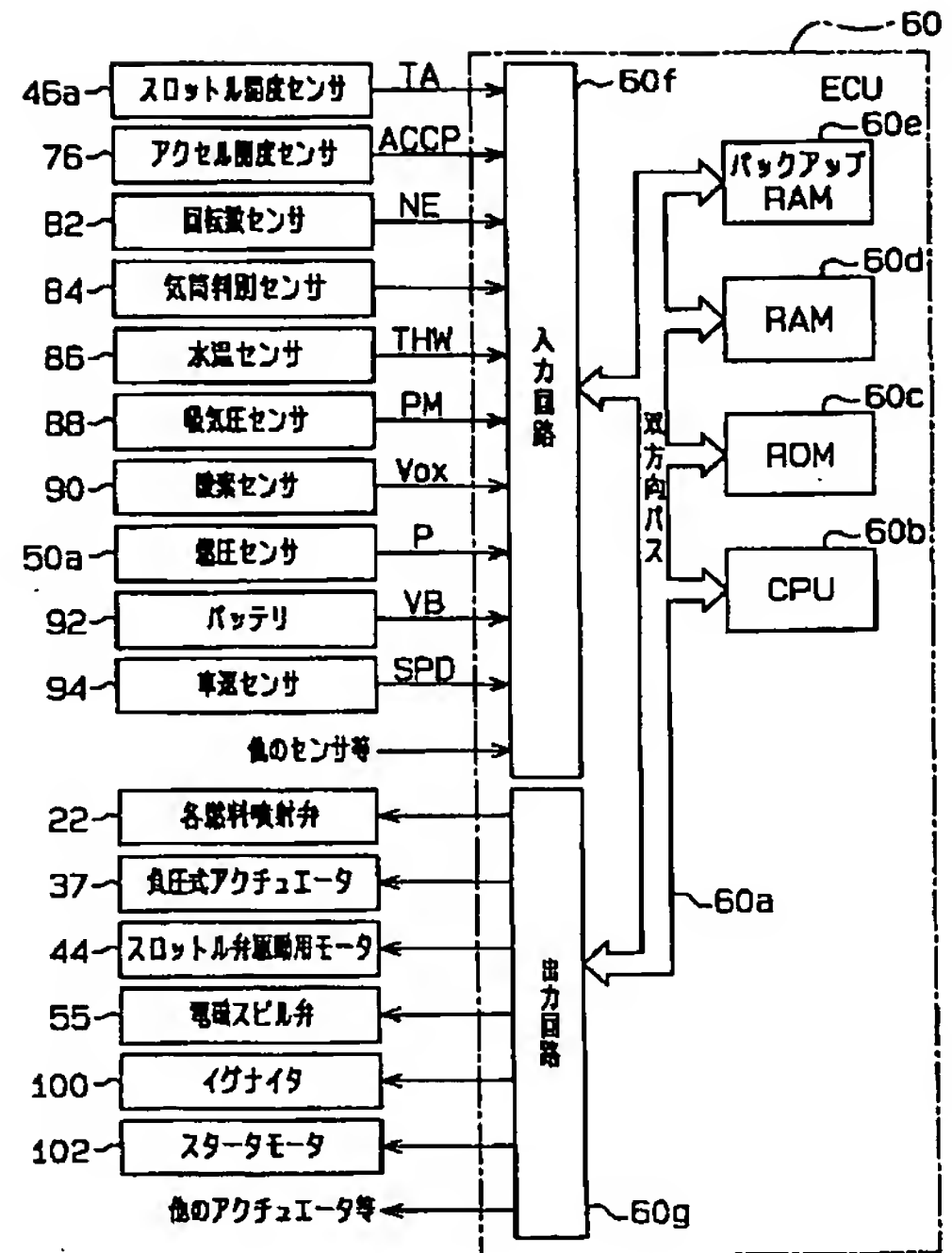
【符号の説明】

2…エンジン、2a…シリンダ、4…シリンダブロック、6…ピストン、8…シリンダヘッド、10…燃焼室、12a…第 1 吸気弁、12b…第 2 吸気弁、14a…第 1 吸気ポート、14b…第 2 吸気ポート、16…排気弁、18…排気ポート、20…点火プラグ、22…燃料噴射弁、24…凹部、26…周壁面、30…吸気マニホールド、30a…第 1 吸気通路、30b…第 2 吸気通路、32…サージタンク、34…気流制御弁、36…シャフト、37…負圧式アクチュエータ、40…吸気ダクト、42…エアクリーナ、44…モータ、46…スロットル弁、46a…スロットル開度センサ、48…排気マニホールド、49…触媒コンバータ、50a…燃圧センサ、55…電磁スビル弁、60…ECU、60a…双方向バス、60b…CPU、60c…ROM、60d…RAM、60e…バックアップ RAM、60f…入力回路、60g…出力回路、74…アクセルペダル、76…アクセル開度センサ、82…回転数センサ、84…気筒判別センサ、86…水温センサ、88…吸気圧センサ、90…酸素センサ、92…バッテリー、94…車速センサ、100…イグナイタ、102…スタータモータ。

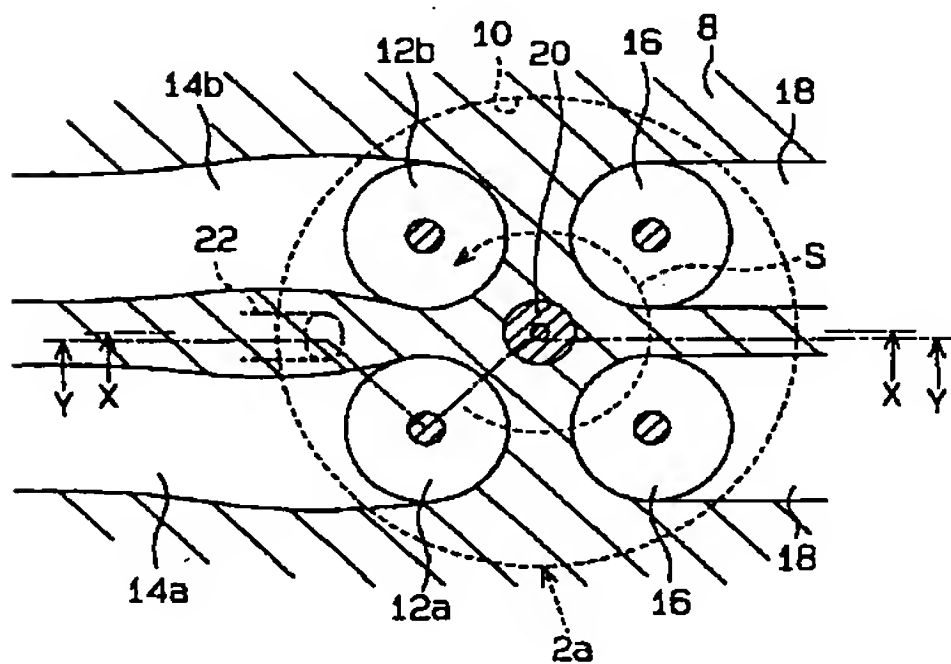
【図 1】



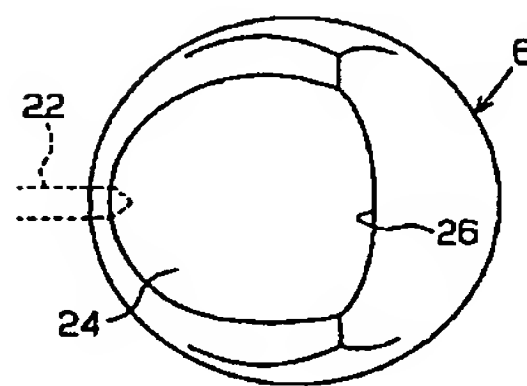
【図 2】



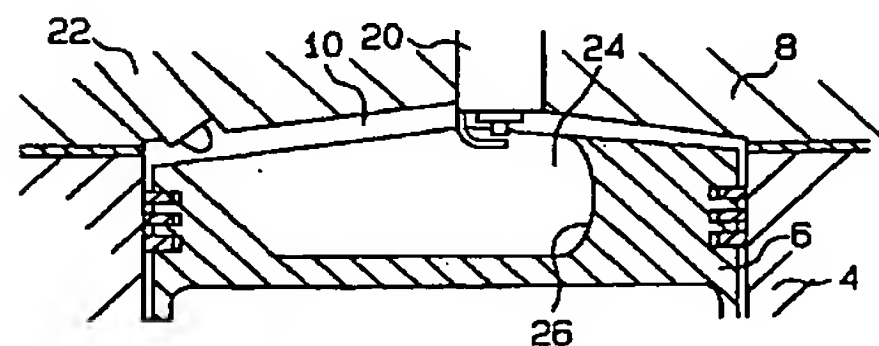
【図 3】



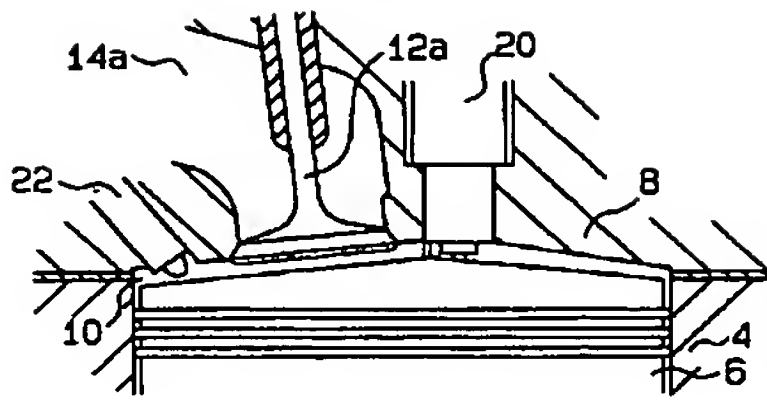
【図 4】



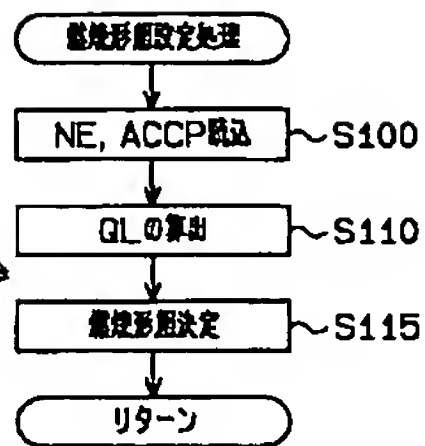
【図 5】



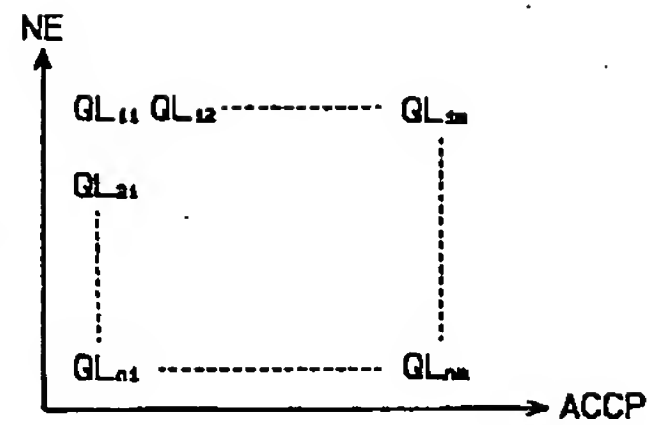
【図 6】



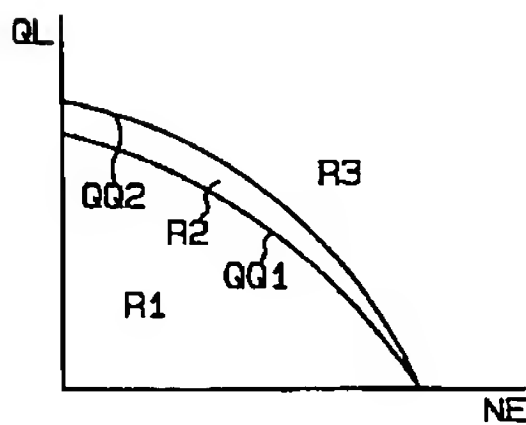
【図 7】



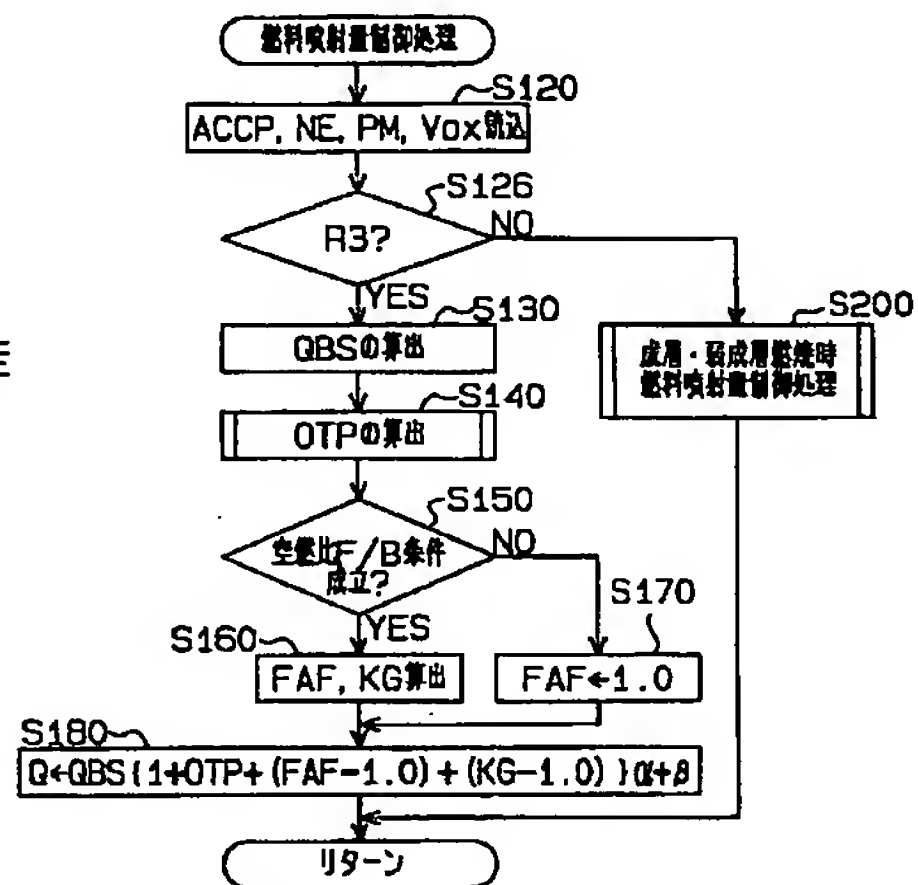
【図 8】



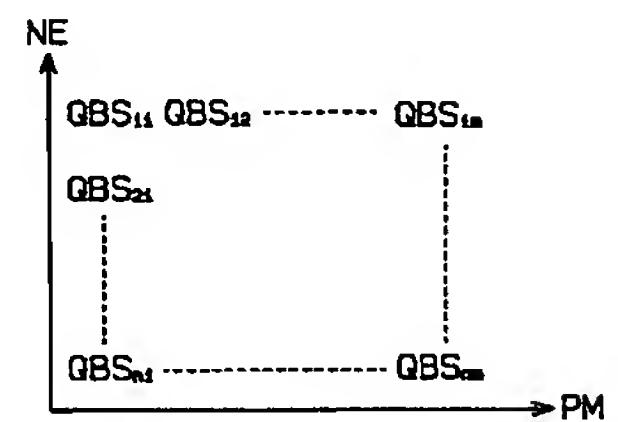
【図 9】



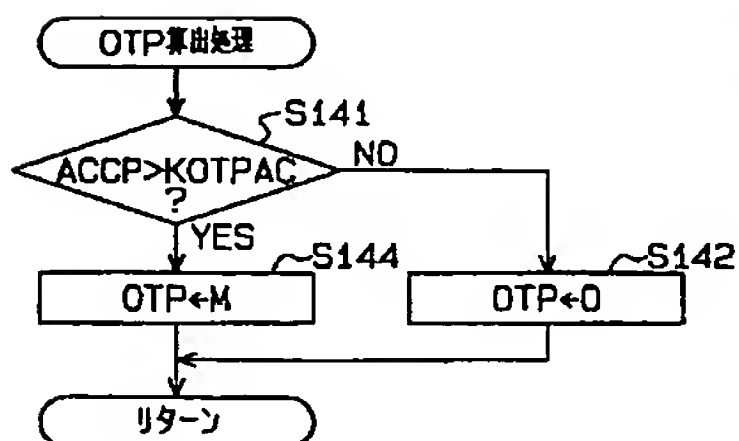
【図 10】



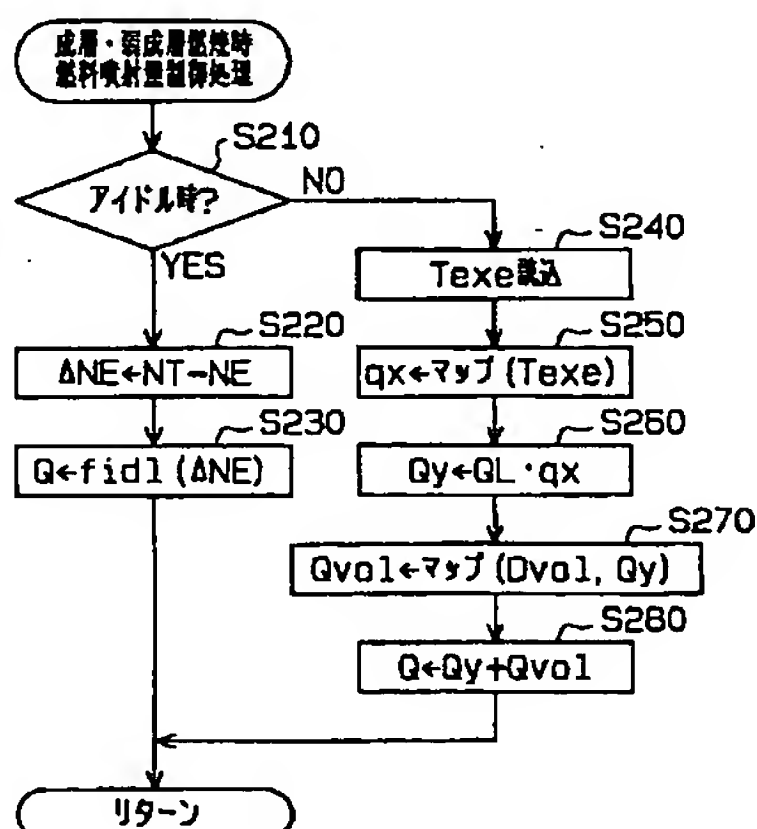
【図 11】



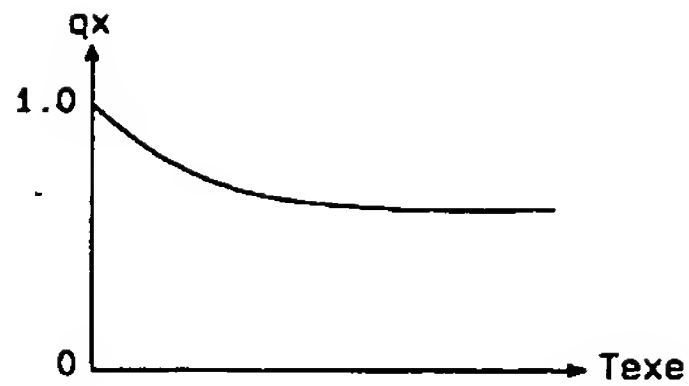
【図 12】



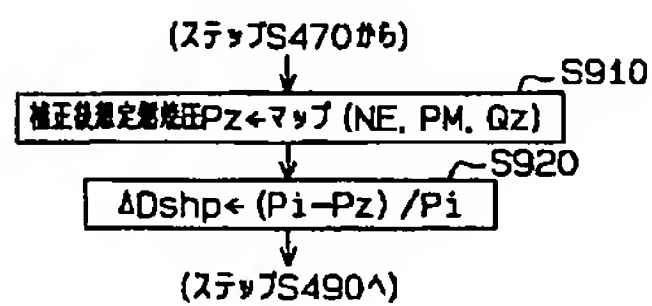
【図 13】



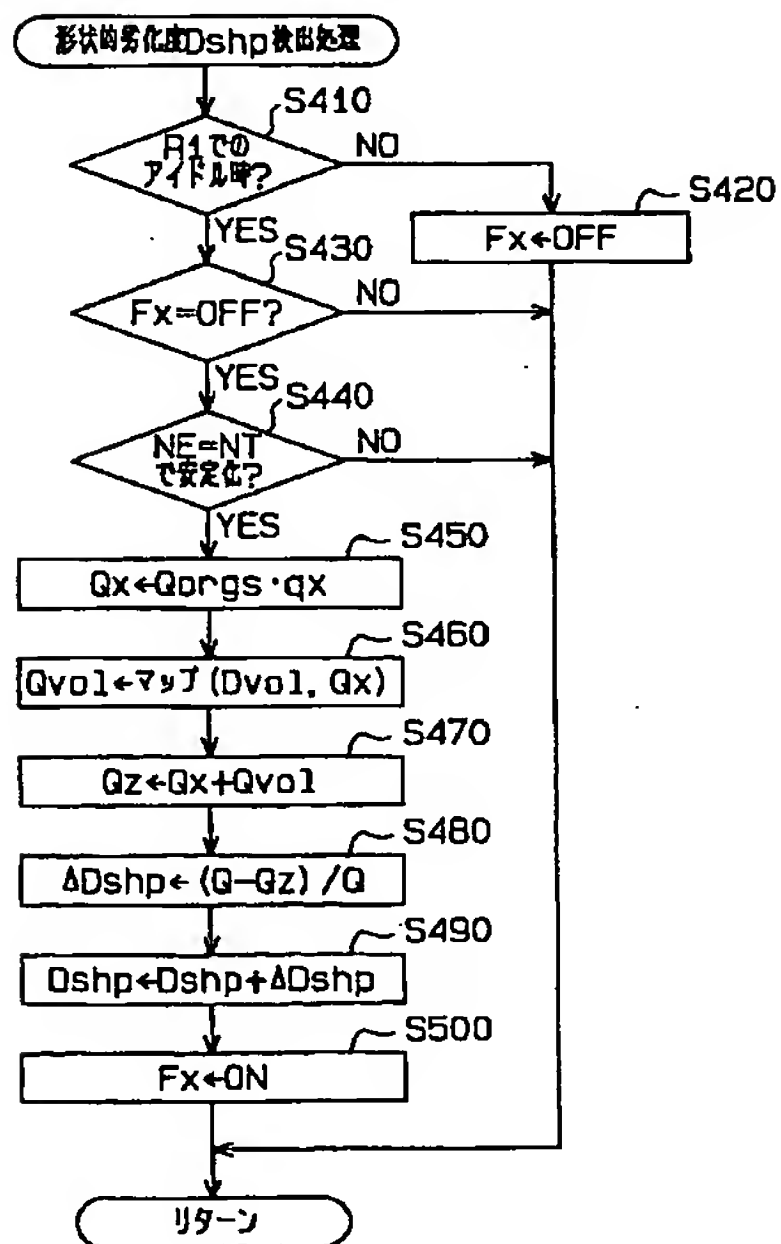
【図14】



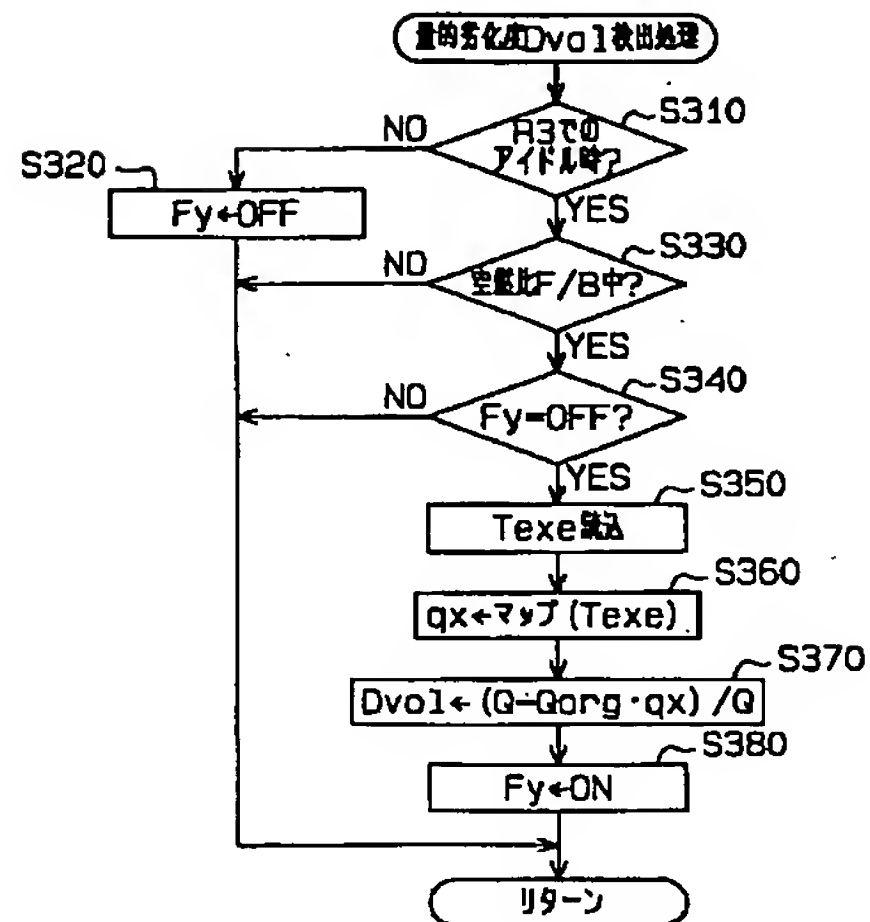
【図29】



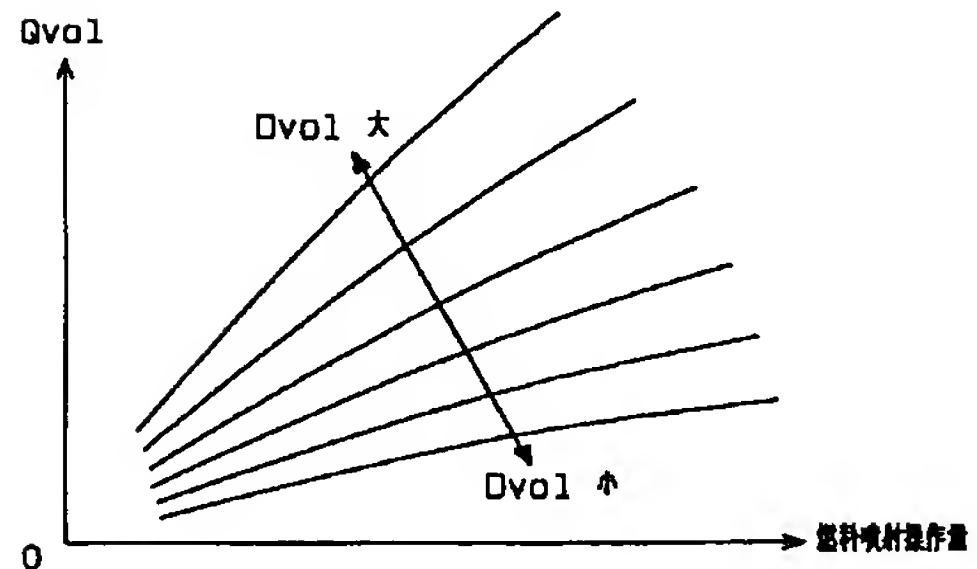
【図16】



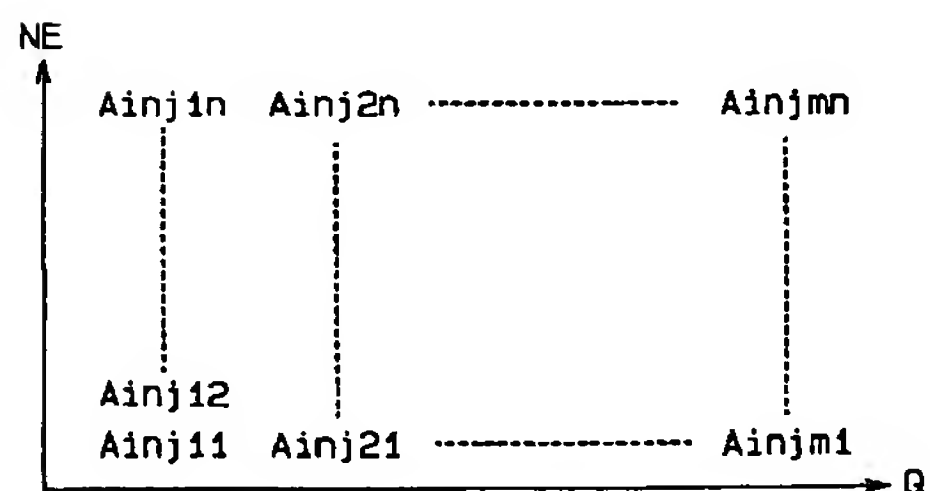
【図15】



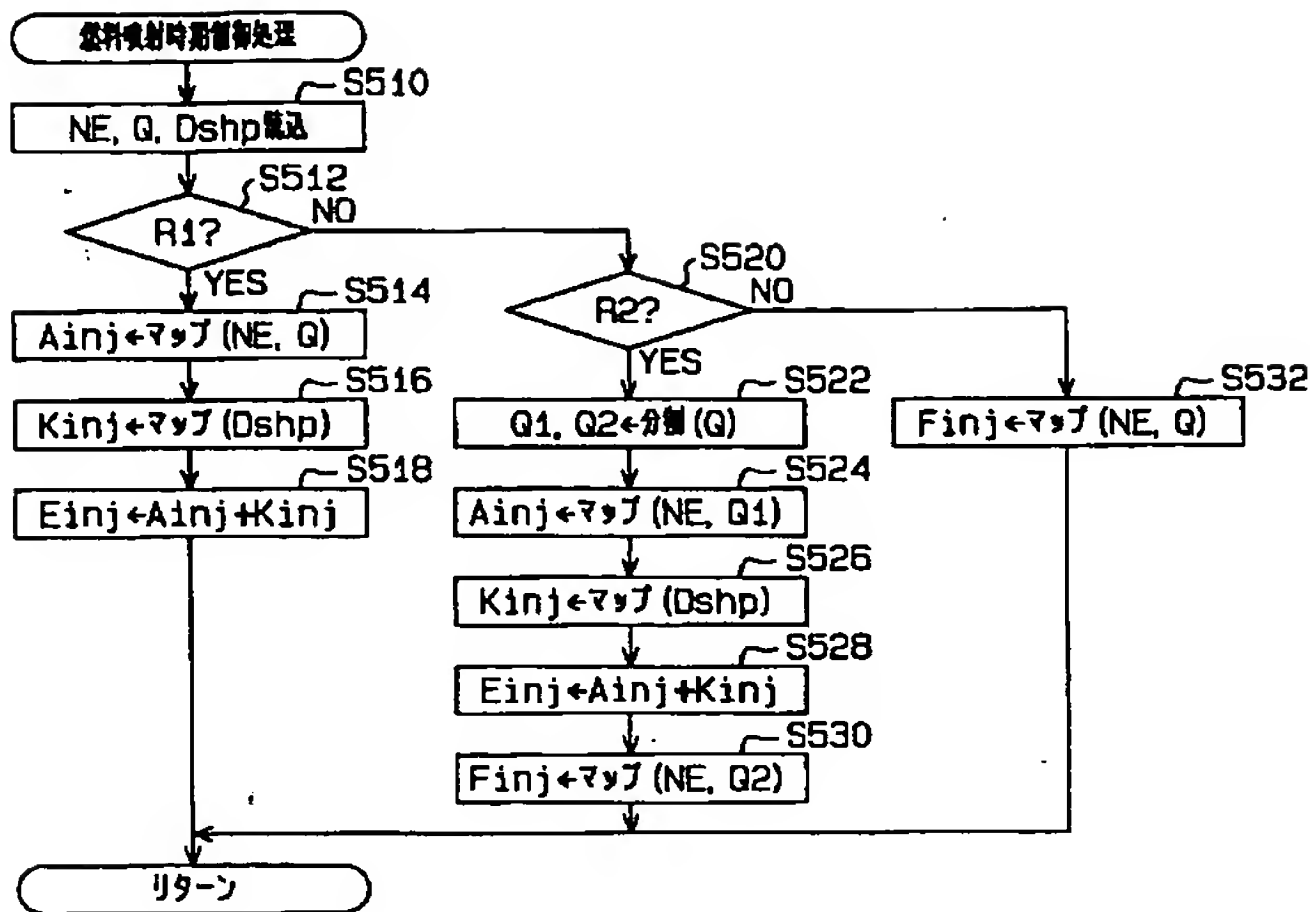
【図18】



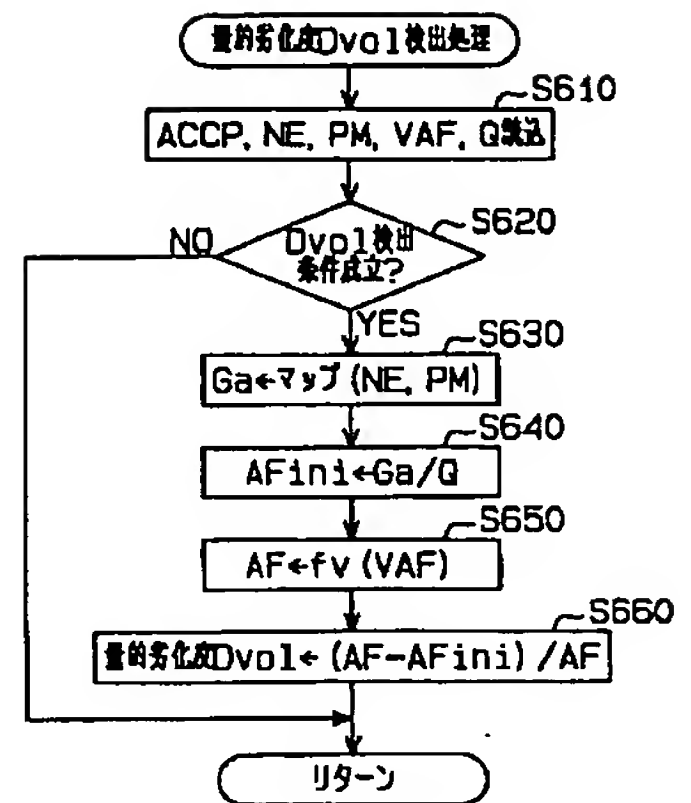
【図19】



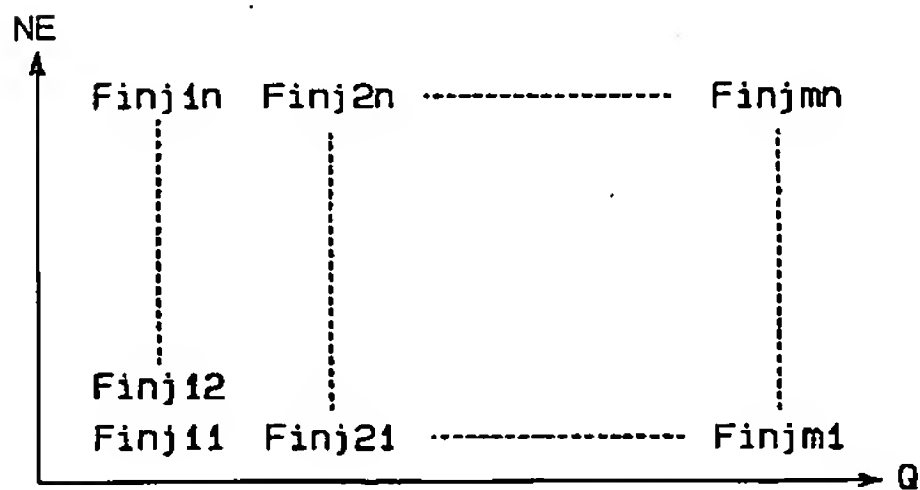
【図17】



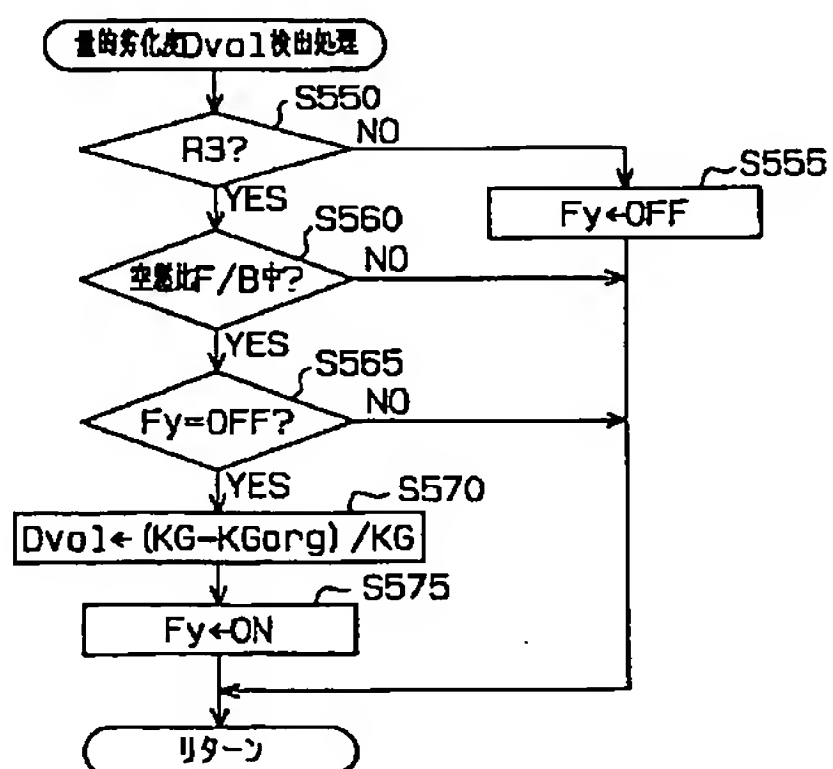
【図24】



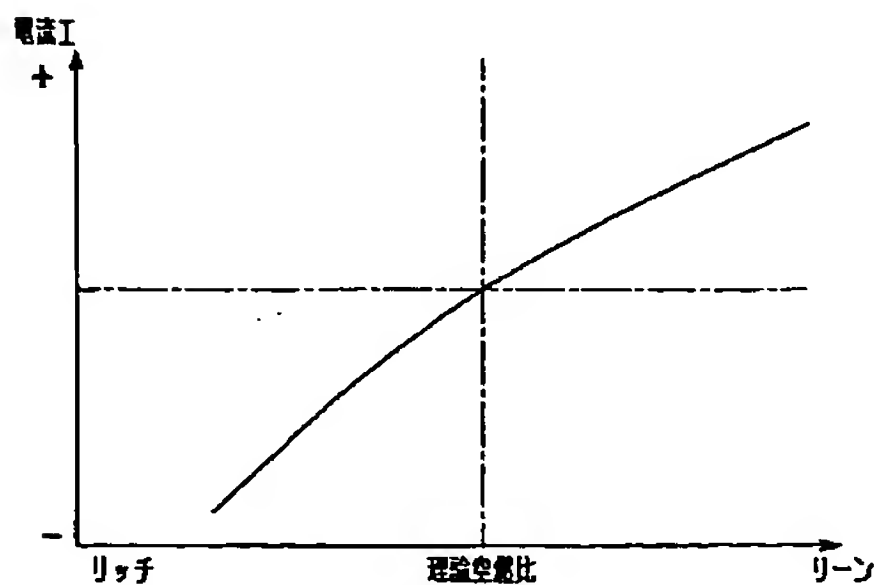
【図20】



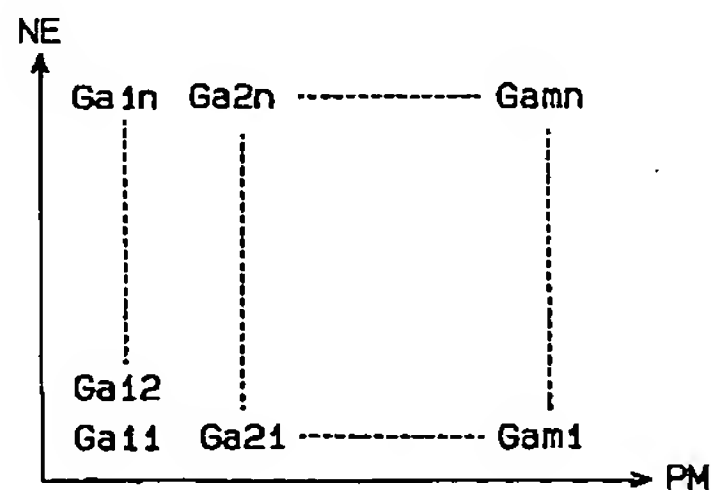
【図21】



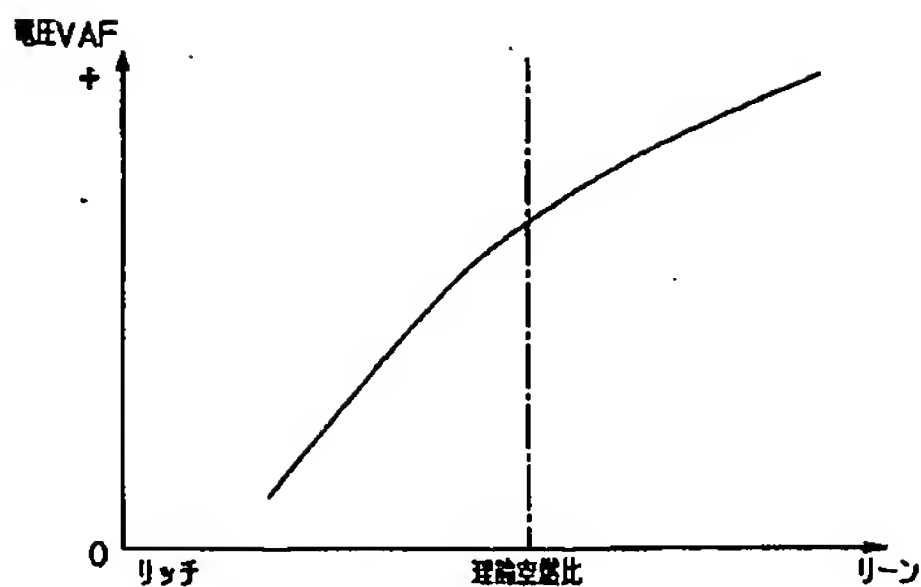
【図22】



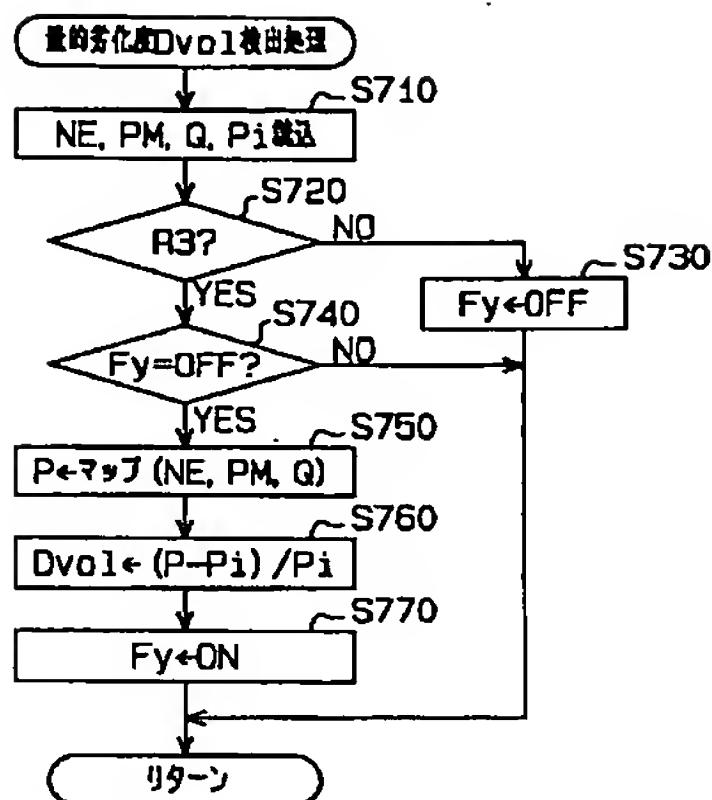
【図25】



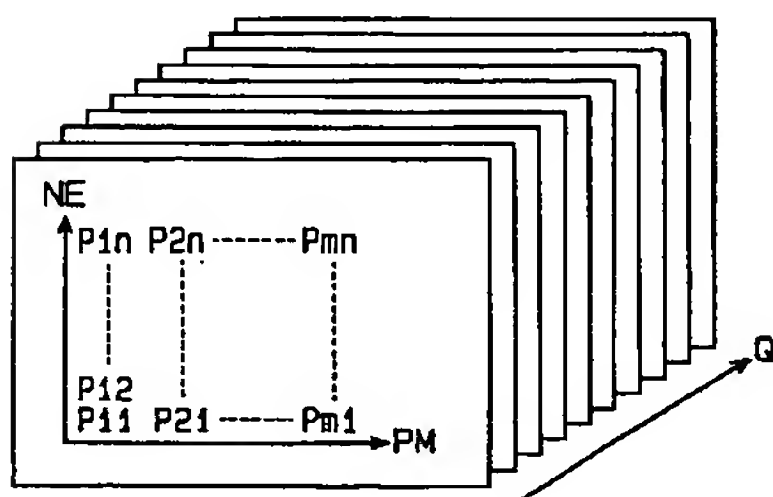
【図 23】



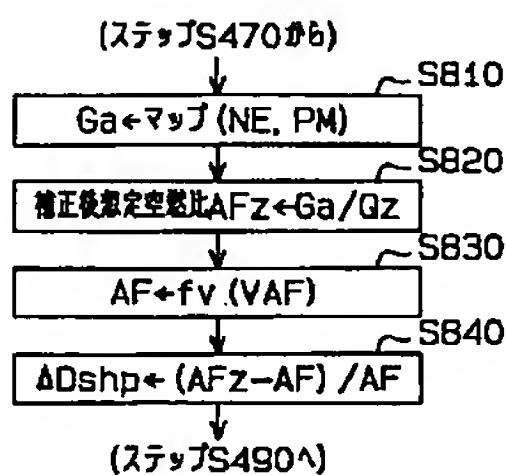
【図 26】



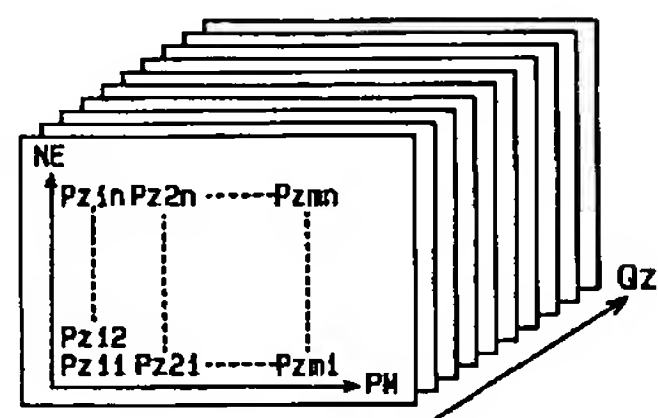
【図 27】



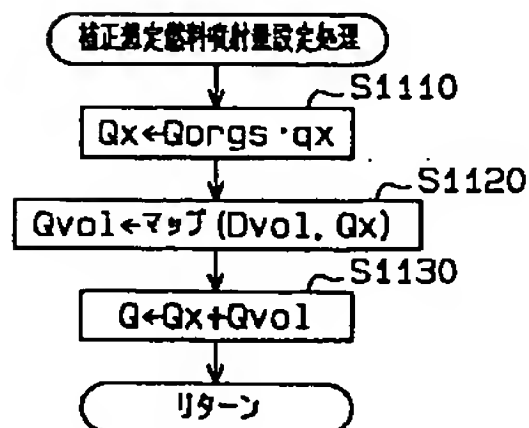
【図 28】



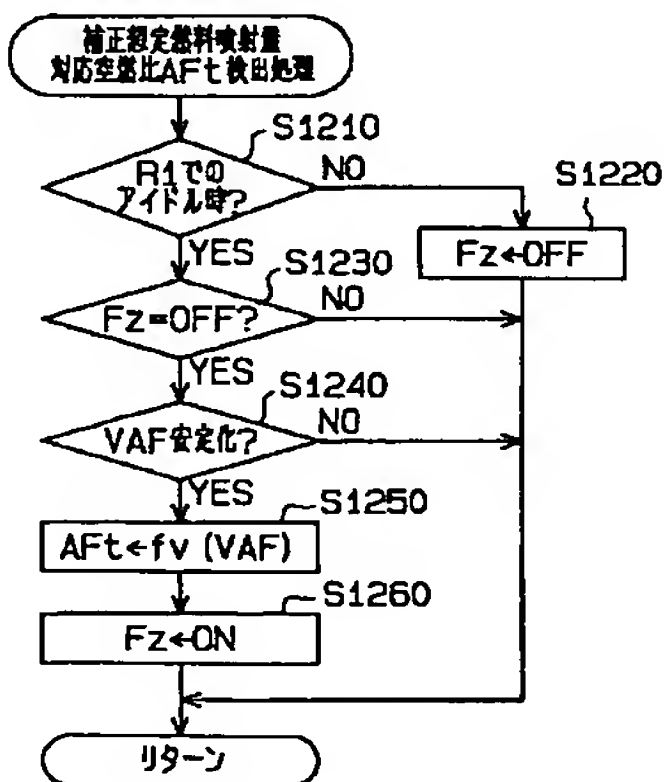
【図 30】



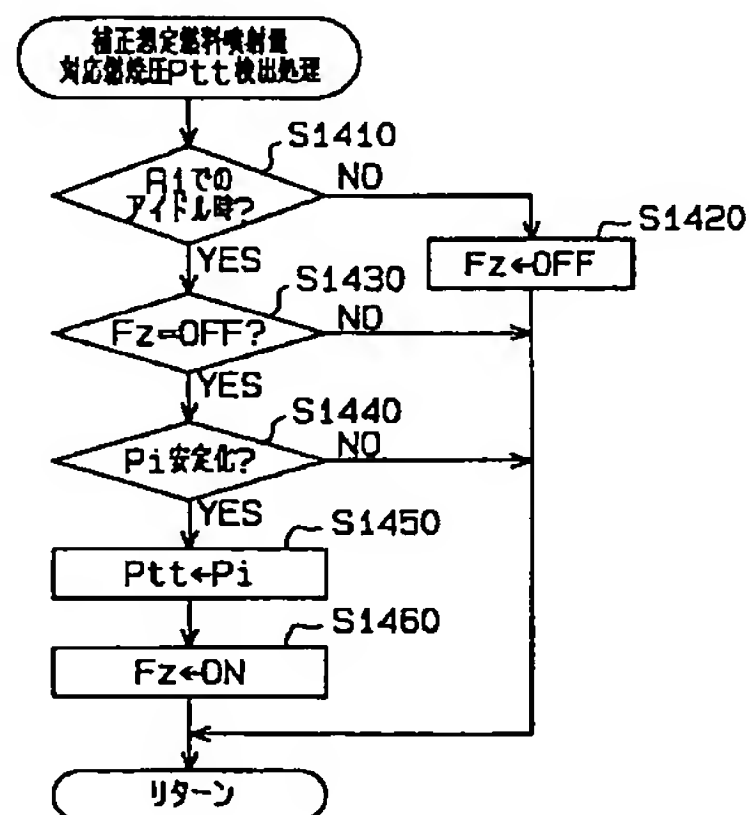
【図 32】



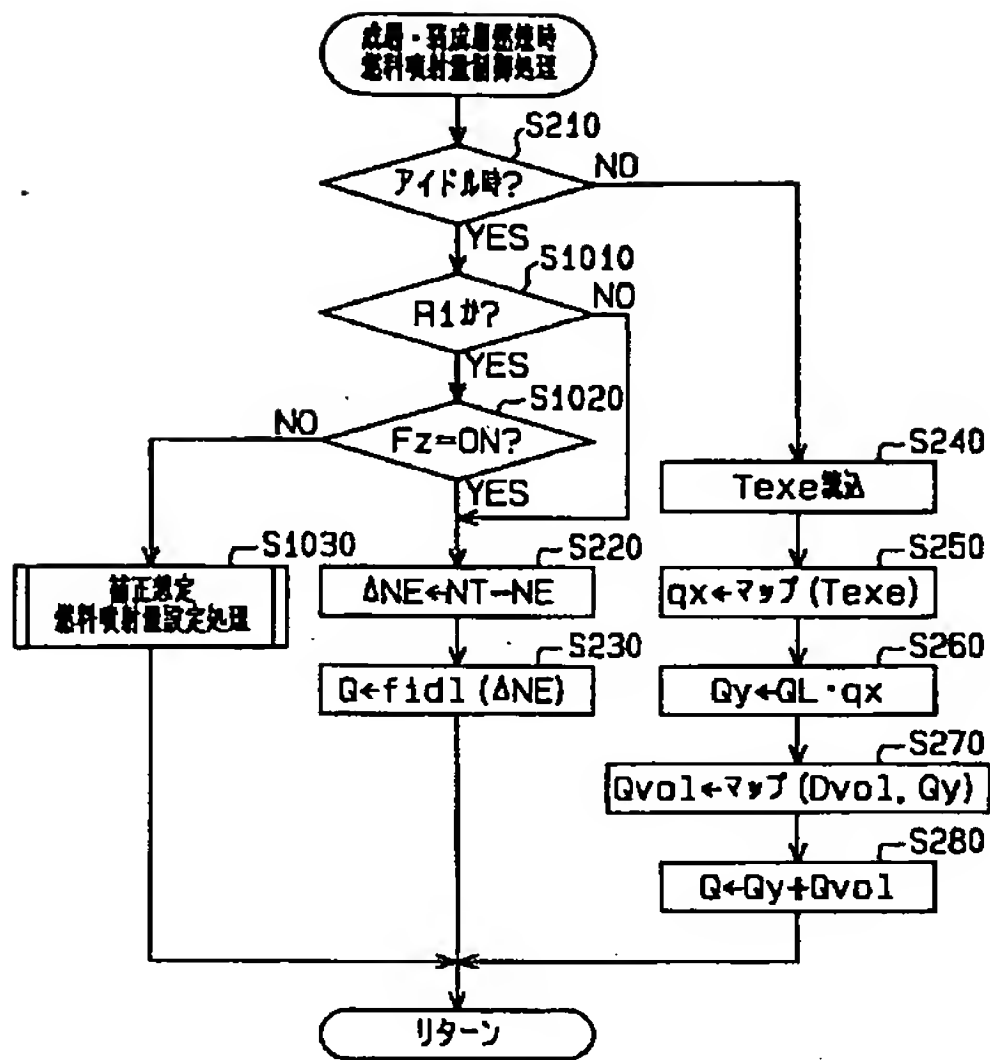
【図 33】



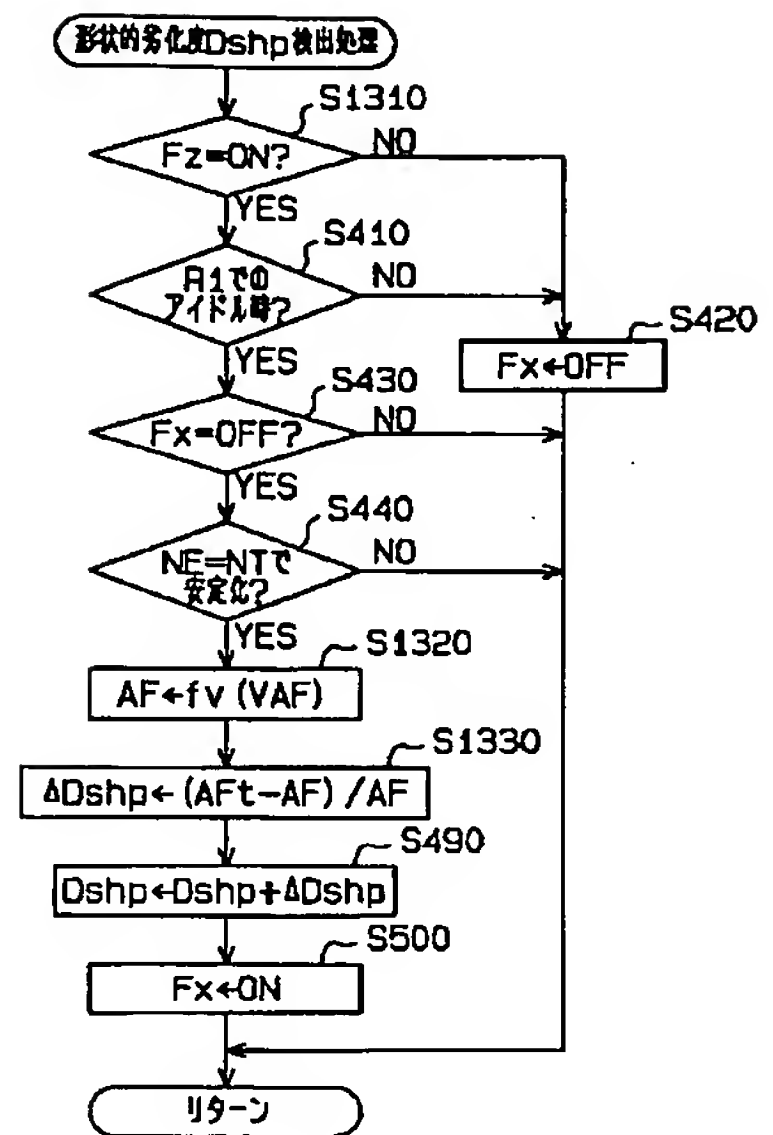
【図 35】



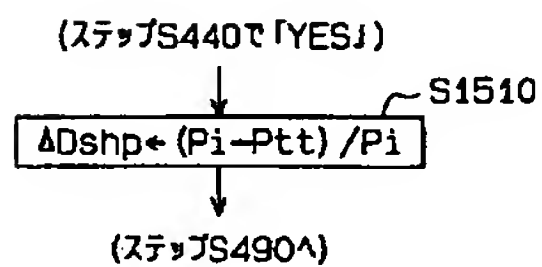
【図31】



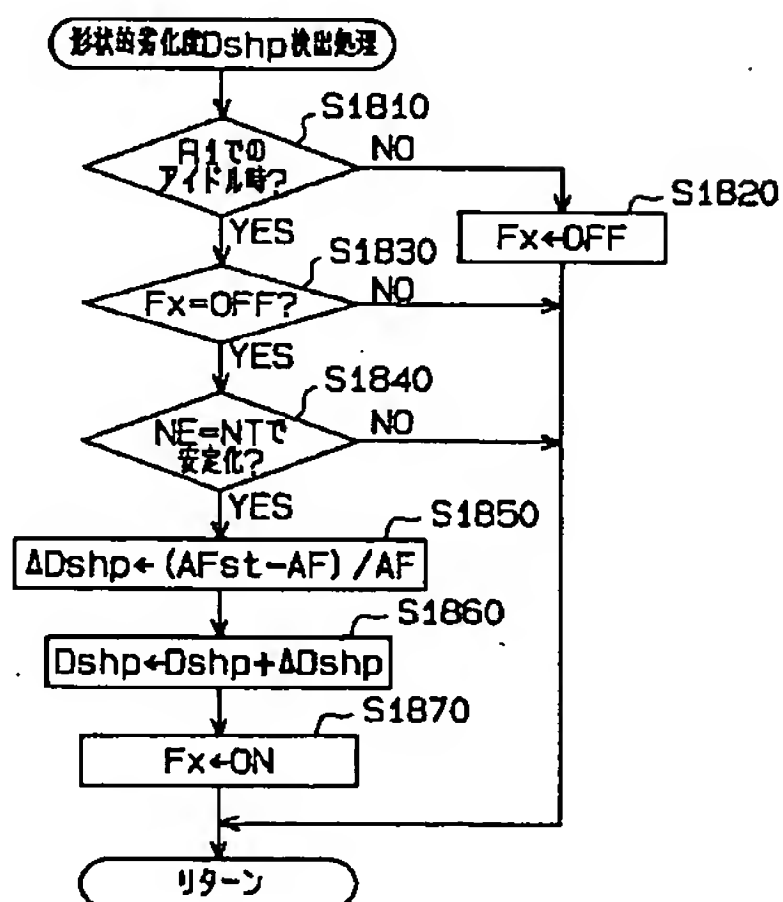
【図34】



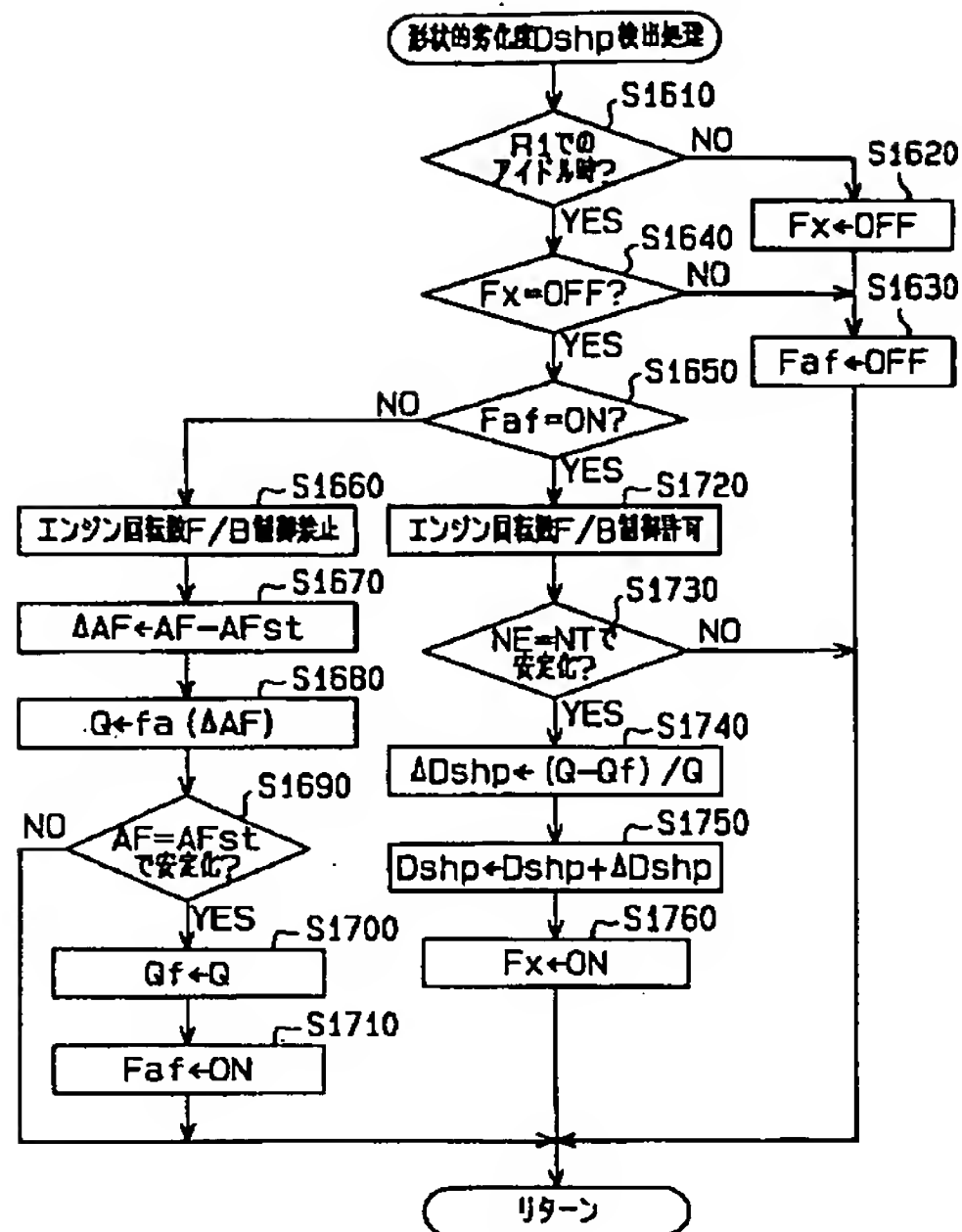
【図36】



【図38】



【図 37】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F 0 2 D 41/14	3 1 0	F 0 2 D 41/14	3 1 0 A
			3 1 0 H
45/00	3 0 1	45/00	3 0 1 H
	3 1 4		3 1 4 T
	3 2 2		3 2 2 C
	3 2 4		3 2 4
	3 2 8		3 2 8

F ターム(参考) 3G084 AA04 BA03 BA09 BA13 CA03
DA22 DA27 EA05 EA11 EB09
EB12 EB22 FA03 FA05 FA10
FA11 FA13 FA19 FA20 FA21
FA26 FA29 FA33 FA38 FA39
3G301 HA01 HA04 HA06 HA16 JA15
JB09 KA07 NA06 NC01 ND02
ND07 ND25 PA07Z PA11Z
PB03A PB03Z PB05A PB05Z
PB08Z PC01Z PD02Z PE01Z
PE05Z PE08Z PF01Z PF03Z
PG01Z